جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

الصناعي/ تكنولوجيا السباكة

الثاني

تـــأليـــف

الدكتور كاظم نوري عبد
الدكتور هجران زين العابدين طعمة
المهندس ثائر غازي مجيد
المهندس كاظم تايه غالي

الطبعة الثالثة
1443هـ - 2021 م

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

إهتماماً من وزارة التربية بتطوير التعليم المهني وزيادة ارتباطه بمتطلبات ميادين العمل، جـــاء تخصص تكنولوجيا السباكة الذي يتضمن مهارات صهر وسباكة المعادن. والسباكة من المهن الأساسية والهامة لأي بلد، إذ تعتمد عليها كثير من أعمال الصيانة وبناء الآلات والمعدات والتجهيزات الصناعية. ويتضمن منهاج هذا التخصص قاعدة عريضة من المهارات المتخصصة التي يتطلب اكتسابها تدريباً أساسياً وممارسة عملية، لتحقيق المستوى الأدائي الذي يمكن الطلبة بعد التخرج من الالتحاق بميادين العمل المختلفة، وتلبية متطلباتها، أو فتح مشاريع صغيرة خاصة بهم. وأشتمل الكتاب على ستة فصول.

بحث الفصل الأول في موضوع أفران البوادق وأنواع أفران البوادق والوقود المستخدم في أفران البوادق. وبحث الفصل الثاني في موضوع وسائل قياس منصهر المعادن وأجهزة قياس منصهر المعادن، وتضمن تطبيقات عملية لقياس منصهر المعادن،وتضمن الفصل الثالث موضوع مجموعة الصب وأجزائها. وتطرق الفصل الرابع إلى موضوع صناعة اللباب والمواد الرابطة. وبحث الفصل الخامس في موضوع تهذيب المسبوكات وتنظيفها. اما الفصل السادس فيتضمن موضوع المقايسات. وأخيراً نقول إننا نقـــدر أي جهد من زملائنا يسهم في تصويب محتويات الكتاب وتعديلها وتطويرها. لذا نأمل مـــن إخواننا المدرسين والمدرسات تزويدنا بملاحظاتهم واقتراحاتهم من أجل تطوير الكتاب حرصا على إتمام الفائدة لطلبتنا الأعزاء.

المؤلفون

1437هـ – 2016 م

الفهرست

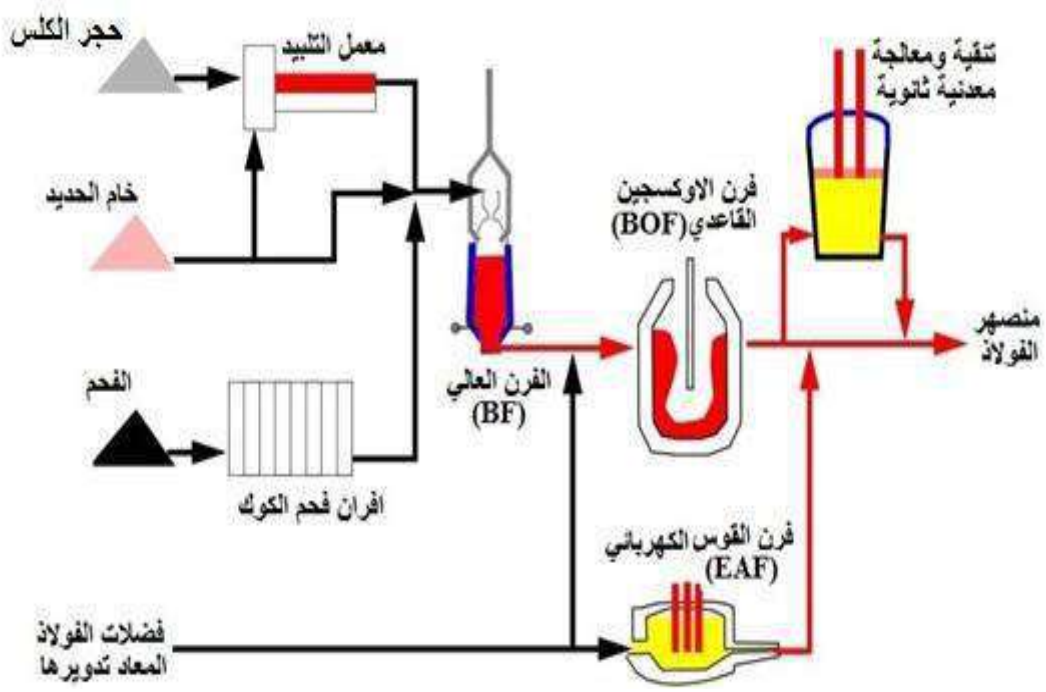
التسلسل	المحتويات	الصفحة
	المقدمة	2
الفصل الاول	أفران الصهر Melting Furnaces	5
1-1	تمهيد	6
2-1	أفران الصهر حسب نوع المعدن	7
3-1	أفران الصهر حسب الوقود المستخدم	9
4-1	أفران المحولات (فرن سيمنز مارتن)	17
5-1	الأفران الكهربائية	22
6-1	بطانة الأفران	31
7-1	أسئلة	35
الفصل الثاني	منصهر المعادن Molten Metals	36
1-2	تمهيد	36
2-2	سيوبة منصهر المعادن	37
3-2	العوامل المؤثرة على سيوبة منصهر المعادن	41
4-2	وسائل قياس درجة حرارة منصهر المعادن	44
5-2	أسئلة	55
الفصل الثالث	مجموعة الصب Gating Systems	58
1-3	تمهيد	58
2-3	عناصر مجموعة الصب	59
3-3	المصبات (أنواع المصبات، وظائفها)	62
4-3	جريان السائل وانجماده	63
5-3	حسابات مجموعة الصب	65
6-3	المغذيات والمصاعد	72
7-3	قنوات خروج الغازات	77
8-3	المصائد والمرشحات	79
9-3	اسئلة	81
الفصل الرابع	صناعة اللباب Core making	84
1-4	تمهيد	84
2-4	رمال اللباب	85
3-4	المواد الرابطة	86
4-4	طرائق صناعة اللباب	91
5-4	تسليح اللباب	91
6-4	تجفيف اللباب	91

7-4	تنظيف اللباب وفحصه	94
8-4	حوامل اللباب ومسانده	94
9-4	أنواع اللباب بالنسبة لوضعه في القالب	96
10-4	أسئلة	99
الفصل الخامس	تهذيب وتنظيف وفحص المسبوكات Trimming & Cleaning& inspection of Casting	101
1-5	تمهيد	101
2-5	عملية التهذيب	102
3-5	طلاء المسبوكات	112
4-5	الإنهاء ومعالجة السطوح	113
5-5	فحص المسبوكات	115
6-5	عيوب المسبوكات	129
7-5	أسئلة	133
الفصل السادس	المقايسة	135
1-6	تمهيد	136
2-6	إيجاد وزن المعدن اللازم لسباكة معدن اعتمادا على الرسم الهندسي للمسبوكة	137
3-6	أسئلة	148

الفصل الاول

أفران الصهر

Melting Furnaces



أهداف الفصل:

بعد إكمال دراسة الفصل يكون الطالب قادرا على أن:

1- **يتعرف على أنواع أفران صهر المعادن المختلفة.**
2- **يتعرف على أنواع الوقود المستعمل في أفران الصهر.**
3- **يفهم طريقة عمل كل نوع من أفران الصهر.**

1-1 تمهيد

الصهر هو تحويل المعدن من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة بتسخينه إلى درجة حرارة تزيد عن درجة انصهاره. وتصهر المعادن لغرض تحويلها من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة من أجل سكبها في قوالب للحصول على منتجات معدنية (مسبوكات) بأشكال محددة. وصهر المعادن يمثل أحد أهم مراحل عملية السباكة، وللحصول على منصهر المعدن يجب تسخين المعدن إلى درجات حرارة عالية في معدات خاصة تسمى أفران الصهر.

معظم أفران الصهر تتكون بشكل عام من العناصر الآتية:

1- مصدر للطاقة الحرارية، مثل الوقود أو الكهرباء.
2- هيكل وغلاف من الفولاذ يحيط بجسم الفرن وحوض الصهر.
3- غرفة أو حوض مبطن بالمواد المقاومة للحرارة (المواد الحرارية) يتم فيه الصهر مباشرة أو يحتضن البودقة التي يجري فيها الصهر.
4- المحارق أو الشعلات في الأفران التي تستخدم الوقود السائل أو الغازي، أو الأجزاء الكهربائية للأفران التي تستخدم الطاقة الكهربائية.
5- المدخنة لإزالة غازات الاحتراق.
6- أبواب الشحن والتفريغ التي من خلالها يتم تحميل المواد المعدنية وتفريغ منصهر المعدن.
7- أجهزة وأدوات التشغيل والتحريك والسيطرة.

توجد أنواع مختلفة من أفران الصهر يمكن تصنيفها على أساس نوع المصدر الحراري أو الوقود المستخدم أوعلى شكل حوض الصهر وحجمه، والمواد المستخدمة لصناعة حوض الصهر، أو البودقة. إن نوع المواد المقاومة للحرارة المستخدمة في أحواض الصهر وفي صناعة البوادق يجب أن تتناسب درجة تحملها للحرارة مع درجة انصهار المعدن المستخدم من أجله.

ومن أهم مصادر الطاقة الحرارية اللازمة لصهر المعادن هو الوقود بأنواعه المختلفة الصلبة والسائلة والغازية فضلاً عن الطاقة الكهربائية، ولكل نوع من أنواع المصادر الحرارية تجهيزات معينة ومعدات تستخدم لتوليد الحرارة ونقلها داخل الفرن.

ويختلف حجم فرن الصهر وشكله تبعاً للغرض المستخدم من أجله ونوع المعدن ودرجة حرارة انصهار المعدن، حيث توجد أفران صغيرة الحجم تستخدم لصهر الذهب أو تستعمل للأغراض المختبرية وكذلك توجد أفران كبيرة لصهر المعادن كالحديد وسبائكه بكميات تصل إلى عشرات الأطنان وتستخدم في المسابك والمصانع الكبيرة.

إن اختيار نوع الفرن وحجمه واستخدامه المناسب لعملية الصهر تتعلق بمجموعة من العوامل منها:

1. نوع المعدن المراد صهره.
2. طبيعة المعدن المراد صهره من حيث الحجم والشكل والوزن.
3. درجة حرارة إنصهار المعدن.
4. نوع الوقود المستخدم.
5. شكل المنتج النهائي (المسبوكة) وحجمه المراد سباكته.
6. كلف إنشاء الفرن وتركيبه وتشغيله وصيانته.
7. المتطلبات البيئية وطريقة التخلص من النفايات.

2-1 أفران الصهر حسب نوع المعدن

قبل الدخول في أنواع الأفران حسب تصنيفاتها المختلفة يجب التعرف على أنواع المعادن حتى يتم على ضوئها اختيار الفرن المناسب لعملية الصهر،وتصنف جميع المعادن تصنيفاً عاماً على مجموعتين هي: المعادن الحديدية، وهي تلك التي تحتوي على عنصر الحديد كمكون أساسي، مثل حديد الغفل (Pig Iron) ، وحديد الزهر (Cast Iron) ،وحديد الزهر السبائكي، والفولاذ وسبائك الفولاذ. المواد الحديدية هي المواد الأكثر استخداماً من ناحية الوزن في الصناعات الهندسية كما أن عنصر الحديد هو أكثر العناصر شيوعا في الكرة الأرضية حيث يحتل المرتبة الرابعة بعد الأوكسجين والسيليكون والألمنيوم. والمعادن غير الحديدية هي تلك التي لا تحتوي على الحديد، كالألمنيوم، والنحاس، والرصاص، والخارصين، والقصدير وغيرها. والمعادن غير الحديدية هي أكثر تكلفة من حيث العمليات التعدينية بالمقارنة مع المعادن الحديدية، لكنها غالباً ذات درجات انصهار واطئة بشكل عام وجيدة التوصيل للحرارة والكهرباء وأخف وزنا وتمتاز بمقاومتها العالية للتآكل.

وتصهر المعادن عادة في عدة أنواع من الأفران اعتمادا على نوع المعدن المستخدم، ومن هذه الأفران فرن الدست (الكوبلا)، وفرن القوس الكهربائي، وفرن الحث الكهربائي، وفرن الموقد المفتوح، وفرن البودقة، وغيرها. وبسبب طبيعة المعادن المختلفة فإن لكل نوع منها مواد ومدخلات مختلفة وكذلك تنتج ملوثات مختلفة. في الشكل رقم (1-1) مخطط يبين طرائق إنتاج أنواع الحديد.

1-2-1 أفران انتاج المعادن الحديدية وصهرها

الفرن العالي (e+): ويستخدم لإنتاج حديد الغفل وهي الخطوة الأولى لإنتاج الحديد من خاماته، وتتضمن العملية ادخال الشحنة وهي خام الحديد وحجر الكلس (كاربونات الكالسيوم) وفحم الكوك من أعلى الفرن ودفع غازات حارة من أسفل الفرن وتتم عمليات الاختزال خلال نزول المواد من الأعلى، حيث يتحول خام الحديد إلى حديد منصهر أسفل الفرن.

فرن الدست (Cupola Furnace): ويستخدم لإنتاج مختلف أنواع حديد الزهر، وتتضمن عملية الإنتاج ادخال المواد الاولية على شكل طبقات متناوبة من معدن الحديد وفحم الكوك وحجر الكلس من فتحة في النصف العلوي من الفرن، وينصهر المعدن نتيجة احتراق فحم الكوك. وتزال الشوائب الموجودة بعد تفاعلها مع حجر الكلس على شكل خبث.

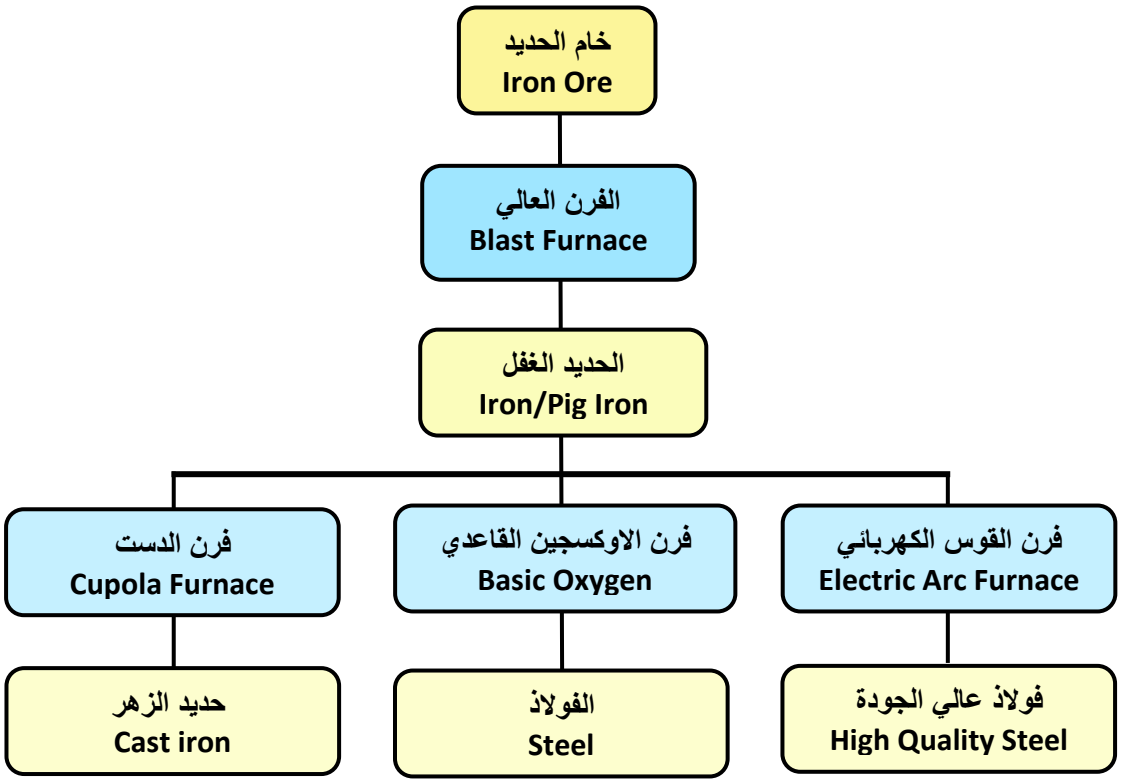
أفران المحولات (Converters Furnaces): وفيها يتحول الحديد إلى الفولاذ من خلال إزالة الكاربون والشوائب المعدنية الأخرى من الحديد، بواسطة صهر المعدن والاكسدة

بالهواء، أو الأوكسجين. ومن أهم انواع أفران المحولات: فرن الموقد المفتوح (فرن سيمنز مارتن) وفرن الأوكسجين القاعدي.

فرن القوس الكهربائي (Electric Arc Furnace): ويستخدم لإنتاج مختلف أنواع الفولاذ وسبائكه من خلال صهر فضلات (scrap) الفولاذ أو الحديد وإزالة الشوائب نتيجة الحرارة العالية المتولدة من قوس كهربائي من أقطاب كاربونية او كرافيتية.

فرن الحث الكهربائي (Induction Furnace): ويستخدم لإنتاج مختلف أنواع السبائك الفولاذية وسبائك الفولاذ الخاص بالإضافة لبعض أنواع سبائك حديد الزهر وخاصة حديد الزهر ذو الكرافيت الكروي. المواد الاولية المستخدم هي فضلات الحديد أو الفولاذ.

فرن البودقة (Crucible Furnace): وهو من أقدم أنواع الأفران ويستخدم لصهر المعادن الحديدية ولاسيما حديد الزهر، وكذلك للمعادن غير الحديدية. والبودقة عبارة عن وعاء مصنوع من مادة سيراميكية أو كرافيت أو معدن ذو درجة انصهار عالية يوضع بداخله المعدن المراد صهره، ويعرض جداره لحرارة متولدة من حرق وقود، أو تسخين من مصدر كهربائي داخل فرن الصهر.



شكل (1-1) مخطط يبين طرائق إنتاج أنواع الحديد

2-2-1 أفران إنتاج وصهر المعادن غير الحديدية

معظم المعادن غير الحديدية ذات درجات حرارة انصهار واطئة مقارنة بالحديد والأفران المستخدمة تتضمن انواعاً مختلفة، ومن أهمها:

فرن الحث الكهربائي: ويستخدم لصهر مختلف انواع المعادن غير الحديدية وانتاجها وسبائكها التي تحتاج الى جودة عالية للمعدن المنتج.

أفران البودقة: وهي الأنواع الأكثر شيوعا واستخداما لإنتاج المعادن غير الحديدية. الوقود المستخدم في أفران البودقة يتضمن الوقود الصلب (فحم الكوك) والوقود السائل (النفط ومشتقاته) والوقود الغازي.

3-1 أفران الصهر حسب الوقود المستخدم

منذ القدم كان الخشب من أهم مصادر الطاقة الحرارية اللازمة للتسخين والصهر ومن ثم بدأ البشر تدريجياً بإستخدام الفحم الحجري، وفحم الكوك، الذي اصبح ابتداءً من القرن الثامن عشر الميلادي من أهم مصادر الطاقة الحرارية في الأفران. وبعد اكتشاف النفط استعمل الانسان النفط ومشتقاته كمصدر حراري للتسخين في الأفران استعمالاً واسعاً. ومنذ بداية القرن العشرين كان للطاقة الكهربائية أثراً مهما بوصفه مصدراً حرارياً للتسخين في الأفران. أما في الوقت الحاضر فيستخدم مختلف أنواع مصادر الطاقة الحرارية في الأفران لغرض تسخين المعادن وصهرها تبعاً لتوفر مصادر الطاقة ونوع الأفران وحجمها الذي يستعمل فيها. وبالنسبة للوقود المستخدم ينبغي أن يستند اختيار نوع الوقود المستخدم على:

1- تكاليف الوقود.
2- القدرة على السيطرة على درجات الحرارة ومتطلبات العمل.
3- تأثير الوقود المستخدم على المعدن المراد صهره وعلى بطانة الفرن.
4- كمية الوقود التي تحرق في كل شعلة أو موقد وتجانس التوزيع الحراري للشعلة.

1-3-1 أفران الصهر بالوقود الصلب

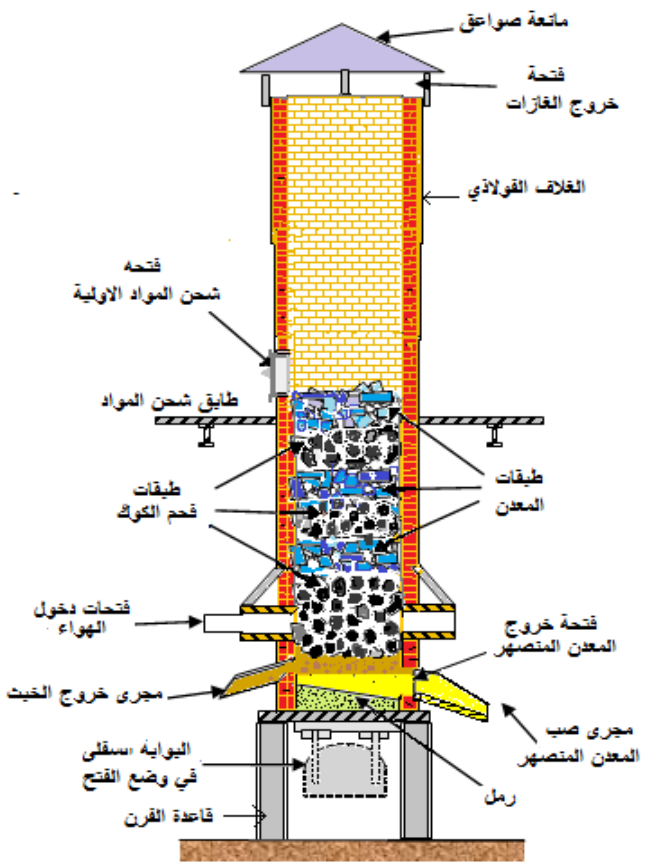
1-1-3-1 فرن الدست (Cupola)

الدست فرن صهر قياسي في مسابك الحديد ويعد أرخص طرائق الصهر لتحويل الخردة الباردة أو حديد الزهر الخام إلى معدن منصهر قابل للاستخدام، ويبين الشكل (2-1) الملامح الأساسية

لفرن الدست، وهي ذاتها ملامح الفرن العالي الذي يستخدم لتحويل خام الحديد إلى حديد الزهر الخام.

أجزاء ومكونات فرن الدست

يتكون الفرن من غلاف اسطواني الشكل مصنوع من الفولاذ قائم عمودياً ومبطن بالطابوق الحراري وعادة يتراوح قطر الفرن (70cm - 200) ويصل الارتفاع أحيانا إلى 10m ويستند الفرن على قاعدة من حديد الزهر وأعمدة مثبتة في الأرض. هناك عدة فتحات في الفرن، تستخدم الفتحة الجانبية في الجزء الأعلى من الفرن لإدخال المواد الأولية (شحنة الفرن) وهناك فتحات لادخال الهواء اللازم من خلال تسرب الهواء الذي يحيط بالفرن على شكل حزام دائري وتسمى أحياناً بقصبة الهواء، التي تتكون من صف أو صفين. وتوجد أيضاً فتحتان متقابلتان في الجزء الأسفل من الفرن، الفتحة الأولى لإخراج المعدن المنصهر وفي الأعلى منه فتحة لإخراج الخبث. ويوجد باب في قاع الفرن يفتح قبل تشغيل الفرن لغرض وضع رمل القاعدة وإدخال الخشب أوالفحم عند التشغيل الأولي ويفتح أيضا عند تفريغ المخلفات وبقايا الصهر وصيانة الفرن. وفي أعلى الفرن توجد فتحة لإخراج الغازات والأبخرة. والشكل رقم (2-1) يظهرمقطع طولي لفرن الدست (Cupola.)



شكل (2-1) مقطع طولي لفرن الدست (Cupola)

خطوات عمل الفرن وتشغيله

1- تتكون شحنة الفرن من الحديد الناتج من الفرن العالي (حديد الغفل)، وفضلات الحديد، وفحم الكوك، ومساعدات الصهر، وفي بعض الأحيان تضاف عناصر سبك لإنتاج مسبوكات حديد الزهر السبائكي، ويغذى الفرن من فتحة الشحن بنسب محددة.

2- أثناء استعمال الفرن للمرة الاولى يسخن الفرن بطبقة من الخشب توضع في قاع الفرن ثم توضع طبقة من فحم الكوك فوقها وتحرق.

3- من فتحة الشحن في الجزء الأعلى يشحن الفرن ويغذى بطبقات متتالية من فحم الكوك والمواد المعدنية وحجر الكلس (مساعد الصهر).

4- يضخ الهواء خلال القصبات لإتمام عملية الحرق الكلي لفحم الكوك.

5- تستخدم الحرارة المتولدة من احتراق فحم الكوك في صهر المعادن،في حين يستخدم حجر الكلس ليتفاعل مع الشوائب الموجودة في المعدن مكونا خبثاً يطفو على سطح المعدن بعد إتمام عملية الصهر ويمكن إزالته من الفتحة الخاصة به. كما تساعد تلك الطبقة من الخبث على حماية المعدن من الأكسدة.

6- عند اتمام عملية الصهر يفتح أولاً ثقب تفريغ الخبث لازالة الخبث وبعد ذلك يفتح ثقب تفريغ المعدن المنصهر لتجميعه في بوادق أو مغارف خاصة لغرض صبه في قوالب.

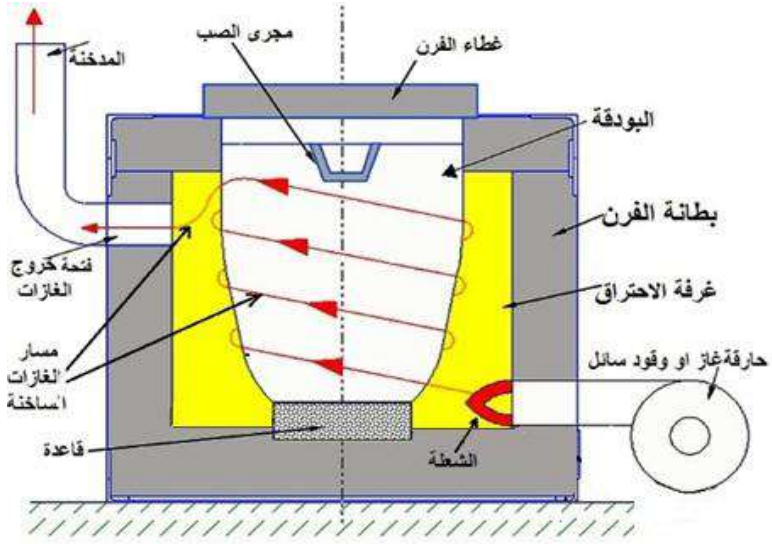
2-1-3-1 أفران البودقة

وتعد من أقدم أنواع الافران المعروفة وأبسطها، والتي تستخدم لصهر المعادن غير الحديدية وبعض المعادن الحديدية وهي مناسبة للمسابك ذات الإنتاج المتقطع وعند الحاجة إلى الكميات القليلة والمتوسطة، ويسخن فرن البودقة بواسطة الوقود أو الكهرباء.

فرن البودقة يتكون من أسطوانة فولاذية مجوفة مفتوحة من الأعلى ومبطنة من الداخل بالطين والكرافيت، في أحد جانبيها من الأسفل فتحة لوضع الحارق أو الشعلة، وفي الجانب المقابل الفتحة المؤدية إلى المدخنة، توضع قطع المعدن المراد صهره في بودقة داخل الفرن، وبعد إغلاق فتحة الفرن من الأعلى يسلط اللهب على البودقة من أحد جانبيها ويدور حولها في دوامة قبل أن تغادر غازات الاحتراق إلى المدخنة في الجهة المقابلة من الأعلى. عملية الصهر تتم بطريقة غير مباشرة فلا يتلامس المعدن مع نواتج الاحتراق إذ تنتقل الحرارة الى المعدن داخل البودقة من خلال جدار البودقة. ويسخن الفرن بواسطة مصدر حراري (وقود) حيث يمكن استخدام الفحم أو الوقود السائل أوالغاز أو الكهرباء.

في هذا النوع من الأفران توضع المعادن المراد صهرها في بوادق مصنوعة من الطين والكرافيت وتعد من المواد المقاومة لدرجات الحرارة العالية، وتستخدم احيانا البوادق المعدنية المصنوعة من الفولاذ السبائكي ذي درجات انصهار عالية لصهر المعادن ذات درجات انصهار واطئة، ويمكن أن تكون البودقة ثابتة أو متحركة حسب تصميم الفرن وحجم البودقة.

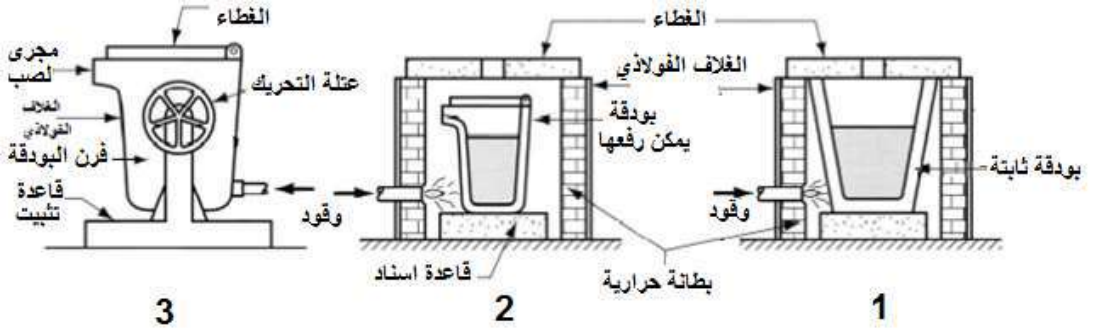
أفران البودقة تصلح لصهر معظم أنواع المعادن،ولكن مع الاختلاف في نوعية البطانة الحرارية، ونوعية البودقة، والقدرة الحرارية للفرن، لتتناسب مع خصائص المعدن الذي تستخدم في صهره. والشكل رقم (1-3) يبين الأجزاء الرئيسة لفرن البودقة مع توضيح لمسار تيار الهواء.



شكل (1-3)الأجزاء الرئيسة لفرن البودقة

تصنف أفران البوادق في بعض الأحيان من الطريقة المستخدمة لتفريغ وصب المعدن المنصهر من البودقة، وتكون عادة على ثلاثة أنواع، كما مبين في الشكل (1-4):

1- **فرن بودقة ثابت، حيث يغرف المعدن المنصهر من داخل البودقة في الفرن ثم يصب خارجا.**
2- **فرن بودقة بالإمكان رفعه، حيث يمكن رفعه خارج تجويف الفرن لغرض صب المعدن المنصهر.**
3- **فرن بودقة بالإمكان إمالته، حيث يمكن إمالته ميكانيكيا لغرض صب المعدن المنصهر.**



شكل(1-4) أنواع أفران البودقة حسب الطريقة المستخدمة لتفريغ المعدن المنصهر وصبه

يمكن تصنيف أفران البودقة حسب الوقود المستخدم الى ما يأتي:

1- **أفران البودقة ذات الوقود الصلب (فحم الكوك).**
2- **أفران البودقة ذات الوقود السائل.**
3- **أفران البودقة ذات الوقود الغازي.**

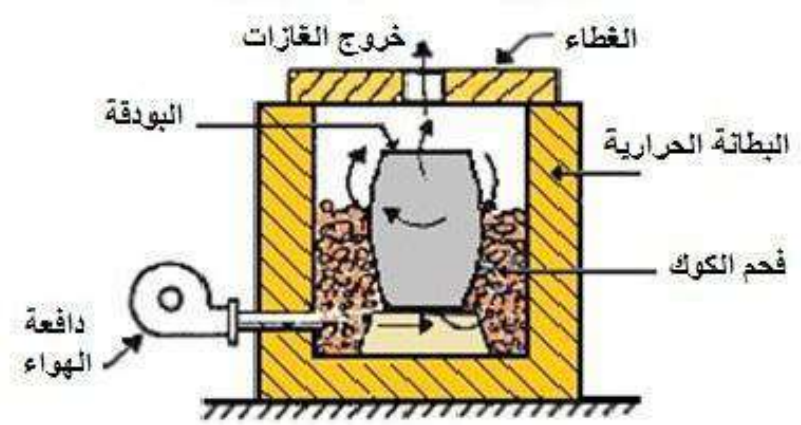
وكذلك يمكن أن تستخدم البوادق في بعض الأفران الكهربائية لغرض الصهر وسنسلط الضوء على أفران البودقة ذات الوقود الصلب وتشرح سائر الأنواع في فقرات أخرى من هذا الفصل.

فرن البودقة ذو الوقود الصلب

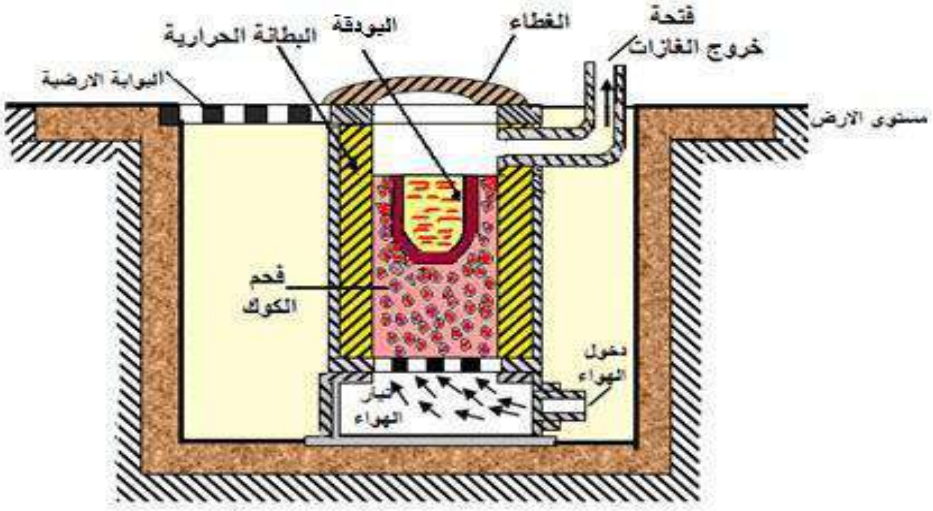
هذا النوع من الأفران يعد من الانواع القديمة التي كان يستخدم فيها الفحم الحجري كمصدر حراري ومن ثم استخدام فحم الكوك ويستعمل هذا الفرن لصهر المعادن غير الحديدية وبعض السبائك الحديدية. ويكون شكل الفرن إسطوانيا ويبطن بالطابوق والسمنت الحراري وتوضع البودقة في وسط الفرن وينفخ الهواء بواسطة دافعة هواء عن طريق فتحة في الأسفل لادخال الهواء إلى طبقة الوقود لكي تتوزع الحرارة بتجانس حول البودقة. وفي بعض أنواع فرن البودقة يضعون البودقة في حفرة تحت مستوى الأرض لذلك يدعى احياناً بفرن الحفرة، ويمكن وضع بوادق عدة في حفرة واحدة حيث يوضع فحم الكوك حول البوادق ويمر تيار هوائي إلى طبقة الفحم وتخرج الغازات من مدخنة وتستخرج البوادق من الحفرة بعد صهر المعدن. وفي الشكل رقم (1-5) صور توضيحية لأنواع مختلفة من أفرن البودقة ذات الوقود الصلب. ويعد هذا النوع من الأفران بطيئاً جدا مقارنة بأنواع أخرى من الأفران، لذا لا يستخدم إلا للمعادن غير الحديدية وفي المسابك الصغيرة ذات الإنتاج القليل وفي صب المسبوكات بعدد محدود. وفي هذا النوع من الأفران لا يمكن التحكم بسهولة في نسب عناصر المعدن المنصهر ولا في درجات الحرارة.

وتتضمن عملية تجهيز وتشغيل الفرن الخطوات الآتية:

1- **عمل طبقة أو فرشة من فحم الكوك داخل الفرن.**
2- **حرق فحم الكوك إلى أن تصل إلى درجة حرارة الفرن القصوى.**
3- **إدخال البودقة في طبقة فحم الكوك الساخن.**
4- **إخراج البودقة عندما يصل المعدن إلى درجة الحرارة المطلوبة (أعلى قليلا من درجة حرارة الانصهار).**



أ- فرن بودقة ارضي



ب - فرن بودقة في حفرة (تحت مستوى الارض)

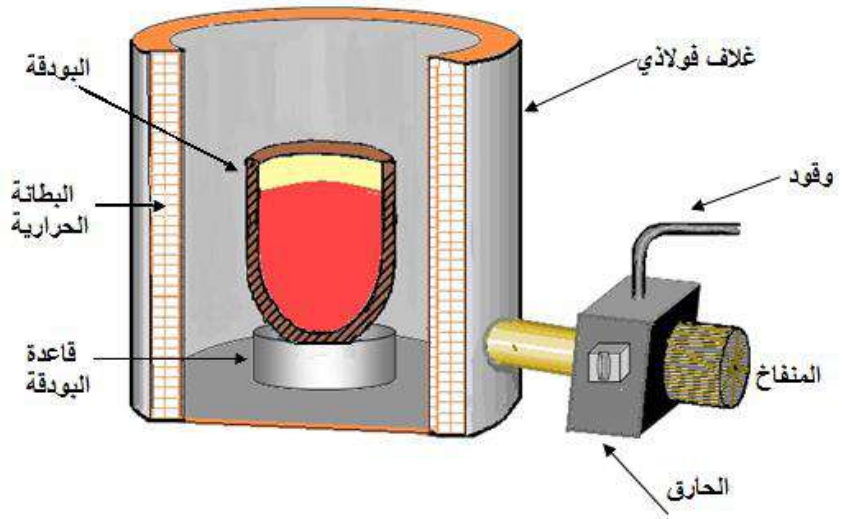
شكل (1-5) أنواع مختلفة من أفران البودقة ذات الوقود الصلب

1-3-2 أفران الصهر بالوقود السائل

النفط الخام هو المصدر الأساس للوقود السائل، وتستخدم مشتقات النفط الخام كوقود سائل، مثل زيت الغاز أو الكيروسين وأحياناً زيت الوقود الثقيل. ويستخدم الوقود السائل في أفران الصهر وتعد مصدراً للطاقة الحرارية عند التسخين والصهر. ويُعد الوقود السائل ذا قيمة حرارية أكثر من الوقود الصلب وعملية اشتعاله أسهل ويمكن السيطرة على استخدامه وعلى شعلة اللهب الناتجة عنه بشكل أفضل من الوقود الصلب. وفي الوقت الحاضر يستخدم الوقود السائل في أفران البودقة لصهر المعادن غير الحديدية وبعض السبائك الحديدية.

وفي أفران البودقة ذات الوقود السائل تكون غرفة الاحتراق اسطوانية الشكل مبطنة بمواد مقاومة للحرارة العالية وتوجد فتحة جانبية في غرفة الاحتراق يتم من خلالها وضع الحارق (Burner) حيث يتم من خلال الحارق ضخ الوقود السائل مع تيار هوائي يدفع من خلال دافعة

هواء أو مروحة للحصول على درجة حرارة عالية وخروج ما ينتج من احتراق الوقود من غازات من أعلى الفرن من خلال فتحات موضوعة حول البودقة. وأحيانا يكون من الضروري تذرية الوقود السائل إلى قطرات صغيرة جداً لكي يتبخر بسهولة ومن ثم يشتعل، وأحيانا يسخن الوقود قبل إشتعاله للحصول على السيولة المناسبة. والشكل رقم (1-6) يبين مقطعاً لفرن البودقة ذي الوقود السائل.



شكل (1-6) مقطع لفرن البودقة ذي الوقود السائل

3-3-1 افران الصهر بالوقود الغازي

يُعد الوقود الغازي من مصادر الطاقة الحرارية ويستخدم في أفران الصهر لتميزه عن بقية أنواع الوقود الصلب والسائل بما يأتي:

1- تكون عملية أشتعاله سهلة وبكفاءة عالية.

2- طاقة حرارية عالية مع قدرة صهر سريعة.

3- سهولة السيطرة على كمية الغاز المحترق.

4- كلفة الوقود الغازي قليلة.

5- كلفة إنشاء وتركيب منظومة الغاز واطئة.

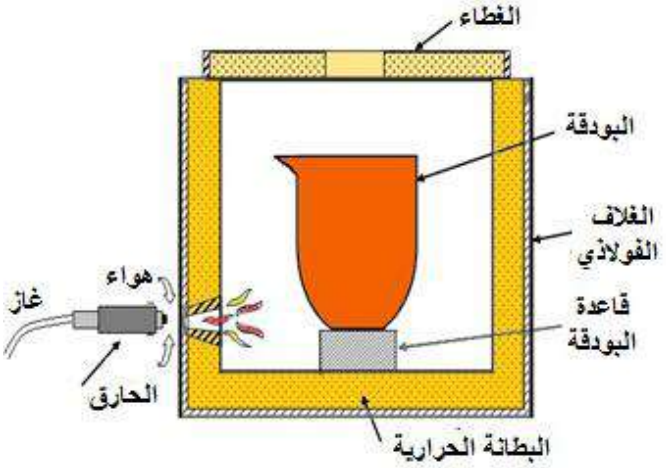
6- يكون الوقود الغازي نظيفاً عند احتراقه ولا يترك مخلفات على الاطلاق مقارنة بالوقود الصلب والسائل. ويجب الانتباه عند استخدامه لضمان سلامة موقع العمل والعاملين.

ومن سلبيات هذا النوع من الأفران هو صعوبة نقل وتحريك الفرن بسبب الحاجة إلى مد أنابيب الغاز والتهوية.

من أهم أنواع الأفران التي يستخدم فيها الوقود الغازي هي أفران البودقة، وفي هذا النوع من الفرن يدخلون الغاز ويضخونه من خلال الحارق (Burner) المبين في الشكل (1-7) من فتحة

جانبية على جدار الفرن شبيهة بالمستخدمة في أفران الوقود السائل وخلال سريان الغاز المحترق حول البودقة الموضوعة في الفرن تسخن البودقة إلى درجة حرارة عالية فينصهر المعدن وتخرج الغازات المحترقة إلى خارج الفرن من فتحات في أعلى الفرن. وتتميز هذه الافران بسهولة العمل وكفاءة الوقود الحراري. الشكل رقم (1-8) يمثل مقطعاً عرضياً لفرن البودقة ذي الوقود الغازي، والشكل رقم (1-9) صورة لفرن بودقة غازي قابل للإمالة.

الشكل (1-7) صورة محراق يعمل بالغاز



شكل(1-8) مقطع عرضي لفرن بودقة غازي

شكل (1-9) فرن بودقة غازي قابل للإمالة

4-1 أفران المحولات

بعد انتاج الحديد الغفل في الفرن العالي ينقل الى الافران التي تستخدم لصناعة الفولاذ (الصلب) وهذه الافران تسمى بالمحولات لأنها تحول حديد الغفل والفضلات الى فولاذ ومنها:

1- **محول بسمر القاعدي.**
2- **محول بسمر الحامضي.**
3- **فرن أو محول الأوكسجين القاعدي (تطوير لمحول بسمر القاعدي).**
4- **فرن الموقد المفتوح.**

ولكل من هذه الأنواع طرائق تشغيل مختلفة، وتتعامل مع مواد خام بنسب مختلفة، وتستخدم مصادر مختلفة للطاقة. بعض من هذه الأنواع لا يستخدم في الوقت الحاضر وبعض منها يقتصر استخدامه على بعض الدول نتيجة التطور التكنولوجي واستخدام التقنيات الحديثة. وفي هذا الجزء سنقصر الدراسة على فرن الأوكسجين القاعدي، الذي مازال يستخدم لإنتاج نسبة كبيرة من الإنتاج العالمي من الفولاذ وبتقنيات مختلفة ومتطورة.

1-4-1 فرن الأوكسجين القاعدي

يسمى هذا الفرن أيضاً محول الأوكسجين القاعدي، ويستخدم لإنتاج الفولاذ، من خلال تحويل حديد الغفل وفضلات الفولاذ إلى فولاذ بمواصفات محددة حسب نسبة الكاربون المطلوبة، نتيجة الأكسدة الناتجة من ضخ الاوكسجين تحت ضغط عال خلال منصهر الحديد في الفرن حيث يتحد الأوكسجين مع الكاربون والشوائب الأخرى.

اجزاء الفرن ومكوناته

1- **يتكون الفرن من وعاء كمثري الشكل مصنوع من الفولاذ له فتحة من الأعلى ومبطن بالطابوق الحراري.**
2- **الفرن مثبت على مرتكز دوران حول محور أفقي، حيث يمكن إمالة الفرن لغرض شحن المواد الأولية الخام وأخذ العينات من منصهر المعدن وتفريغ الفولاذ المنصهر.**
3- **محرك كهربائي لتدوير الفرن حول محوره الأفقي.**
4- **أنبوب ضخ الأوكسجين إلى الفرن من الأعلى ويكون الأنبوب مبرداً بالماء، وفي أفران أخرى يضخ الأوكسجين من الأسفل من خلال قصبات موجودة في قاعدة الوعاء.**
5- **البطانة الحرارية من الطابوق المقاوم للحرارة الذي يتحمل ظروفاً قاسية من ارتفاع درجة الحرارة والجو المؤكسد. الشكل رقم (1-10) صورة توضيحية لفرن الأوكسجين القاعدي.**

شكل(1-10) صورة توضيحية لفرن الأوكسجين القاعدي

خطوات عمل الفرن وتشغيله

1- تتكون شحنة فرن الأوكسجين القاعدي من الحديد المنصهر ومن فضلات الفولاذ الذي يمثل 30-25 % من مجموع وزن الشحنة.

2- يمال الفرن لغرض شحن فضلات الفولاذ بواسطة سلة رافعة، ومن ثم سكب الحديد المنصهر المنتج من الفرن العالي في حالة وجود الفرن بالقرب من الفرن العالي بواسطة مغارف خاصة. وتشحن مساعدات الصهر.

3- إدخال أنبوب الأوكسجين إلى داخل الفرن لضخ الأوكسجين النقي داخل الشحنة وبكميات كبيرة وبسرعة عالية جدا ولمدة 20 min .

4- خلال هذه الفترة يتخلل الأوكسجين في الشحنة المنصهرة ويتفاعل مع الحديد والشوائب، وتؤدي هذه التفاعلات إلى توليد كمية كبيرة من الحرارة لإتمام عملية التنقية. كذلك يتحد الأوكسجين مع الكاربون والشوائب الأخرى محولاً الحديد إلى فولاذ وتتصاعد الغازات من أعلى الفرن.

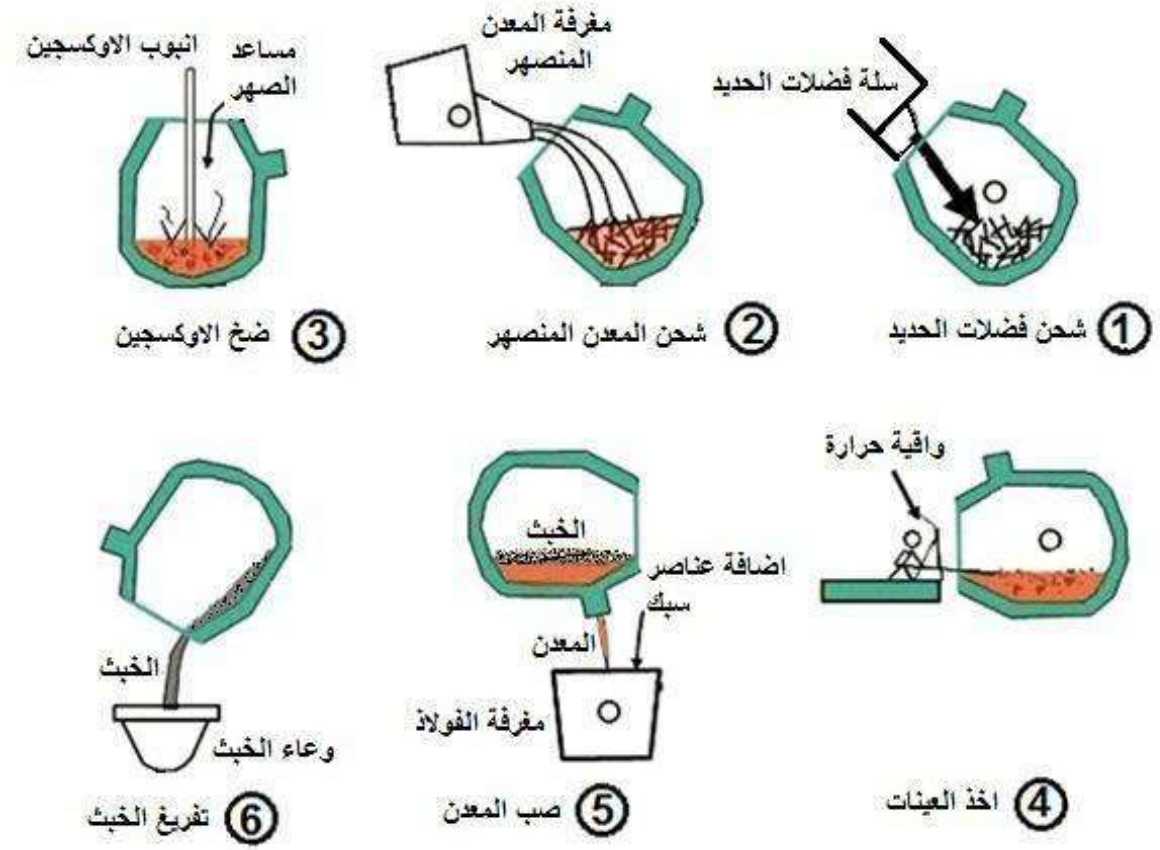
5- يمال الفرن مرة أخرى لِأخذ العينات لغرض معرفة التركيب الكيمياوي لمنصهر الفولاذ.

6- بعد انتهاء العملية يمال الفرن إلى الجهة الأخرى لغرض تفريغ الفولاذ المنصهر وصبه عن طريق فتحة جانبية في أعلى الفرن إلى مغرفة مخصصة لهذا الغرض.

7- بعد إكمال صب منصهر الفولاذ يمال الفرن الى الجهة الاخرى لغرض تفريغ الخبث المتبقي من الفرن.

8- دورة إنتاج الفولاذ في فرن الاوكسجين القاعدي تمتد الى مدة40 min تقريباً للصهرة الواحدة.

الشكل رقم (1-11) يوضح خطوات عمل فرن الاوكسجين القاعدي وتشغيله، والشكل رقم (1-12) صورة لعملية شحن المعدن المنصهر إلى فرن الأوكسجين القاعدي.



شكل(1-11) خطوات عمل فرن الأوكسجين القاعدي وتشغيله

شكل (1-12)صور لعملية شحن المعدن المنصهر إلى فرن الأوكسجين القاعدي

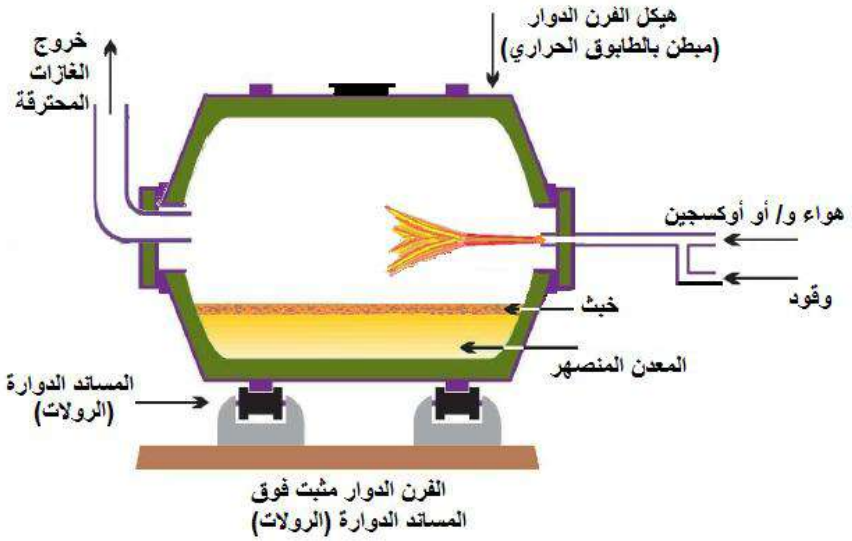
1-4- 2 الفرن الدوار (Rotary Furnace)

الفرن الدوار وعاء أسطواني الشكل مع نهايات مخروطية الشكل ومفتوحة من الجانبين. والفرن مصنوع من ألواح الفولاذ ومبطن بالطابوق الحراري. وتوجد أشكال عديدة للفرن الدوار حسب الشركة المصنعة للفرن، ويختلف بعضه عن بعض في طريقة إدخال المعدن وتفريغ المعدن المنصهر وخروج الغازات العادمة. وبشكل عام توجد فتحة في أحد جانبي الفرن لخروج غازات العادم من خلال المدخنة، التي يمكن الاستفادة منها في تسخين الهواء الداخل إلى الفرن مع الوقود.

وفي الجانب الآخر من الفرن يوجد الحارق (المشعل - Burner) الذي يعمل بالوقود السائل أو الغازي مع تيار هواء يجهز بواسطة دافعة كهربائية. تسخين الفرن يتم من خلال الحرارة المباشرة للهب الحراق أو من خلال الحرارة المنعكسة من جدران الفرن. إدخال مواد الشحنة المعدنية المراد صهرها يتم من جانب فتحة المدخنة بعد رفع الغلاف المتحرك المتصل بالمدخنة، وفي أنواع أخرى يتم من جانب فتحة الحارق من خلال باب متحرك مثبت عليه الحارق والأنابيب الملحقة به. وتفريغ شحنة المعدن المنصهر في الأفران غير القابلة للإمالة يتم من خلال فتحة صغيرة موجودة على الجزء الأسطواني الخارجي لجدار الفرن أو موجودة في الأسفل من جانب الحارق، وفي الأفران المائلة يفرغ المعدن المنصهر من أحد جانبي الفرن بعد إمالته.

يدور الفرن من خلال حركة إحتكاك دورانية بواسطة محرك كهربائي ذي قدرة عالية لتحريك تروس أو بكرات متصلة بأطارات حديدية محيطة بجدار الفرن من الخارج تؤدي إلى دورانه، وهذا يعتمد على حجم الإنتاج ومتطلباته.

ويستخدم فرن الصهر الدوار لصهر الفضلات (scrap) لمعظم أنواع حديد الزهر وسبائك النحاس والألمنيوم والرصاص وإعادة تدويرها. في الشكل رقم (1-13) صورة للفرن الدوار.



شكل(1-13) صورة توضيحية لفرن دوار

هناك نوعان من الأفران الدوارة

أ) الفرن الدوار غير القابل للإمالة (Static Rotary Furnace) الشكل (1-14).

ب) الفرن الدوار القابل للإمالة (Tilting Rotary Furnace) الشكل (1-15).

الشكل (1-14) صورلأفران دوارة غير قابل للإمالة

الشكل(1-15)صور تمثل الفرن الدوار القابل للإمالة

5-1 الأفران الكهربائية (Electric furnaces)

وهي الأفران التي تعتمد على الطاقة الكهربائية في عمليات التسخين والصهر. في بعض أنواع الأفران الكهربائية تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية من خلال سريان التيار الكهربائي خلال موصل، وبفعل مقاومة الموصل لسريان التيار الكهربائي تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية. وفي أنواع أخرى يستفاد من التيار الكهربائي لتوليد قوس كهربائي لصهر المعدن أو في توليد مجال مغناطيسي يولد تياراً حثياً يعمل على تسخين الشحنة المعدنية وصهرها.

وتتميز الأفران الكهربائية بما يأتي:

1- إمكانية التسخين والصهر في درجات حرارة عالية جدا.
2- إمكانية إستخدامها لصهر أنواع مختلفة من المعادن.
3- السيطرة الدقيقة والتحكم بدرجات الحرارة، وكذلك التوزيع الحراري المتجانس.
4- التحكم بالتركيب الكيمياوي لمنصهر المعدن والحصول على منصهر معدني نقي خال من الشوائب تقريباً.
5- عدم احتراق المعدن أو العناصر المتواجدة فيه لعدم وجود لهب حرق مؤكسد.
6- تجرى عملية الصهر في ظروف بيئية مناسبة وجيدة.
7- يمكن استخدام أفران كهربائية لصهر كميات صغيرة جداً وفي نفس الوقت توجد أفران كهربائية بحجم كبير لصهر كميات كبيرة من المعادن ton(25 – 100).

ونظرا للكلفة العالية للطاقة الكهربائية فإن الأفران الكهربائية تستخدم في عمليات استخلاص الفولاذ المنتج من المحولات والأفران الأخرى وعند إنتاج الفولاذ السبائكي.

1-5-1 فرن الحث الكهربائي

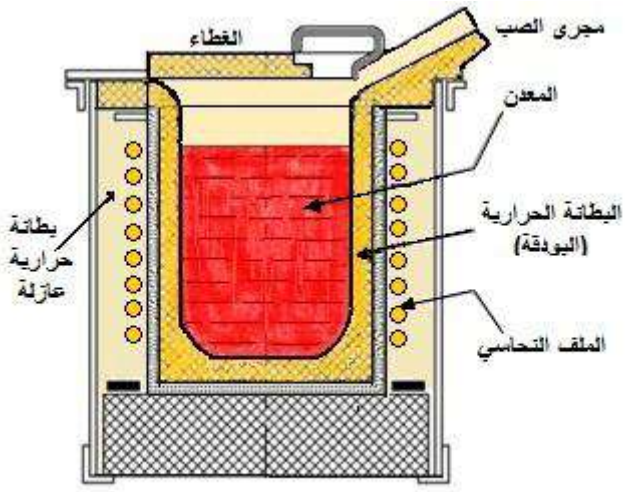
تستخدم أفران الحث الكهربائي لصهر المعادن الحديدية وغير الحديدية. التسخين بطريقة الحث الكهربائي يحدث عندما توضع المعادن الموصلة للكهربائية في مجال مغناطيسي متغير حيث تتكون تيارات حث داخل المعدن تعمل على رفع درجة حرارة المعدن وصولا للانصهار. التسخين والصهر يتم سريعا حين يتم حث تيار مستمر إلى الجزء المراد تسخينه.

ويستخدم التيار الكهربائي المتناوب المار في لفات أنابيب نحاسية حول حوض الفرن لتوليد مجال مغناطيسي والذي يولد بدوره تياراً حثياً يمر خلال المواد المعدنية المراد صهرها في حوض الفرن ويسبب رفع درجة الحرارة ومن ثم انصهار المعدن ومن الجدير بالذكر إن سبب استخدام أنابيب وليس أسلاك هو لمرور ماء لتبريد تلك الملفات. إن كمية الطاقة التي تمتصها المواد المعدنية تعتمد على شدة المجال المغناطيسي والمقاومة الكهربائية للمعدن وتردد التيار الكهربائي. والمجال

المغناطيسي المتكون يحث قوة تسهم في خلط المنصهر. ونظراً لعدم وجود اتصال مباشر بين عنصر التسخين والمعدن فأنه يمكن السيطرة على ظروف العمل ويكون المعدن المنصهر ذو جودة عالية، وتكون نسبة الحرارة المفقودة قليلة جداً.

وقد أصبحت أفران الحث الكهربائية تدريجياً الوسيلة الأكثر استخداماً لصهر المعادن الحديدية وتستخدم بشكل متزايد لصهر المعادن غير الحديدية. ومن الأسباب الرئيسية لزيادة استخدام هذا النوع من الأفران هو السيطرة الجيدة على ظروف عمل الفرن وعملية الصهر الخالية من التلوث نسبياً. وهذه الافران متوفرة باحجام مختلفة تتراوح بين بضع كيلوغرامات إلى عشرات الأطنان. ويستخدم فرن الحث الكهربائي في إنتاج مختلف أنواع الفولاذ مثل الفولاذ السبائكي والفولاذ المقاوم للتآكل وكذلك تستخدم في إعادة صهر بعض انواع حديد الزهر السبائكي وحديد الزهر ذو الكرافيت الكروي وإعادة انتاجها.

الشكل رقم (1-16) يوضح أجزاء فرن الحث الكهربائي، الشكل (1-17) صورة لنوع معين من افران الحث أثناء عملية الصب.



شكل(1-16) الأجزاء الرئيسية لفرن حث كهربائي شكل(1-17) فرن حث اثناء صب المعدن

أجزاء الفرن الحثي ومكوناته

يتكون فرن الحث الكهربائي من مجموعة الأجزاء الآتية :

1- جسم فرن الصهر: ويتكون من حوض معدني أسطواني الشكل مغلق من الخارج بألواح من الصلب ومبطن بمواد حرارية مثل الطابوق والسمنت الحراري، وأحيانا يتكون حوض الفرن من بودقة مثبتة بالسمنت الحراري ومزودة عند حافتها الأمامية بمجرى للصب.

2- حوض الفرن: ويكون محاطاً بعدة لفات من أنابيب نحاسية مجوفة وموصلة للكهربائية ويجري فيها ماء التبريد.

3- منظومة تجهيز الطاقة الكهربائية: وتتكون من مصدر طاقة ومحولة كهربائية وأجهزة سيطرة.
4- منظومة تبريد المياه: وتتكون من حلقة مغلقة تتضمن مضخات ماء رئيسة ومضخة ماء احتياط للمحافظة على درجة حرارة الأنابيب وسلامة الفرن والأجهزة الأخرى.
5- مواد البطانة في الفرن الحثي: وتختار مواد البطانة اعتماداً على درجة حرارة التشغيل والخواص المعدنية لشحنة الصهر. والمواد الحرارية المستخدمة هي أوكسيدات المعادن مثل أوكسيد السليكون (السليكا)، أوكسيد الألمُنيوم (الألومينا) وأوكسيد المغنيسيوم (المغنيسيا).
6- السليكا تعُد خياراً جيداً لِأفران صهر الفولاذ لِأنها لا تتفاعل بسهولة مع الخبث الحامضي والألومينا تستخدم بشكل معتاد اثناء صهر الألمُنيوم.
7- غالباً ما يكون محمولاً من منتصفه على قاعدتين جانبيتين ومرتكز دوران حيث يمكن تدويره إلى الأمام لتفريغه بعد انتهاء الصهر.

تشغيل الفرن وعمله

1- تتم أولا عملية إملاء الفرن بالشحنة المعدنية التي تتكون من فضلات وقطع الفولاذ.
2- يفتح مفتاح التشغيل الكهربائي للفرن، وتفتح مضخة تدوير الماء.
3- مصدر الطاقة الكهربائية المجهزة، يرسل تياراً كهربائياً متناوباً عالي التردد يمر خلال لفات الأنابيب النحاسية المجوفة حول حوض الفرن.
4- الفرن يصبح كأنه محولة كهربائية الملف الأبتدائي هو الأنبوب النحاسي والملف الثانوي هي المواد المعدنية داخل الحوض أو البودقة.
5- المجال المغناطيسي المتردد المتولد في الملف الابتدائي يحث في الملف الثانوي تيار كهربائي ثانوي عالي الشدة يؤدي إلى تسخين الشحنة المعدنية وصهرها ودون أي إتصال مباشر بين ملف الحث وقطع المعدن الموجودة في حوض الصهر.
6- وفي الوقت نفسه يتولد مجال مغناطيسي ثان نتيجة التيار المحتث في الشحنة المعدنية، وبسبب ان المجالين المغناطيسيين يكونان دائما بِإتجاهين متعاكسين، فإنها تسبب توليد قوة ميكانيكية تسبب تحريك المعدن بعد إنصهاره صعوداً وهبوطاً وبشكل دائري في جميع الاتجاهات، وهذه الحركة تسهم في تجانس المعدن المنصهر حرارياً وكيمياوياً.
7- خلال عملية الصهر تؤخذ عينات من المعدن المنصهر للتحليل الكيمياوي لغرض معرفة التركيب الكيمياوي وإمكانية إضافة عناصر السبك.
8- عند إتمام عملية الصهر يفرغ المعدن المنصهر حيث إن الكثير من أفران الحث الكهربائية مصممة لتفريغ منصهر المعدن من خلال إمالة الفرن بزاوية معينة بواسطة تحريكها بمحركات كهربائية وعتلات هيدروليكية أو ميكانيكية.

ميزات فرن الحث الكهربائي

1- إمكانية التحكم والسيطرة الدقيقة على درجة حرارة الصهر والصب مع تجانس حراري جيد.
2- عملية صهر نظيفة من دون فقدان للمعدن ومنتجات خالية من القشور الأوكسيدية.
3- نواتج إحتراق وإنبعاثات غازية قليلة وتلوث بيئي قليل.
4- السرعة والكفاءة العالية في عملية الصهر.
5- إمكانية صهر مختلف أنواع المعادن الحديدية وغير الحديدية.
6- إنتاج معادن وسبائك ذات جودة عالية خالية من الشوائب.
7- إنتاج سبائك الفولاذ الخاصة من دون فقدان في عناصر السبك أو إنعزالها.
8- مدى واسع من حجوم أفران الحث الكهربائي تبدأ من كميات صغيرة لا تتجاوز كيلو غرامات قليلة من المعدن إلى عشرات الأطنان.
9- سهولة عملية التشغيل والصيانة.

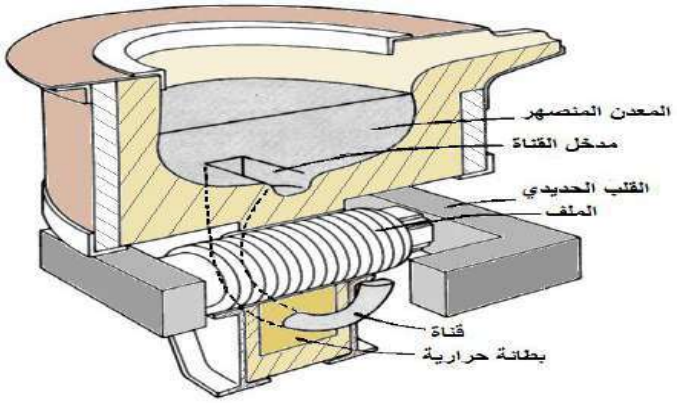
أما مساوئ فرن الحث الكهربائي فهي

أ) الكلفة العالية لإنشاء الفرن.
ب) كلفة التشغيل عالية.

أنواع أفران الحث الكهربائي

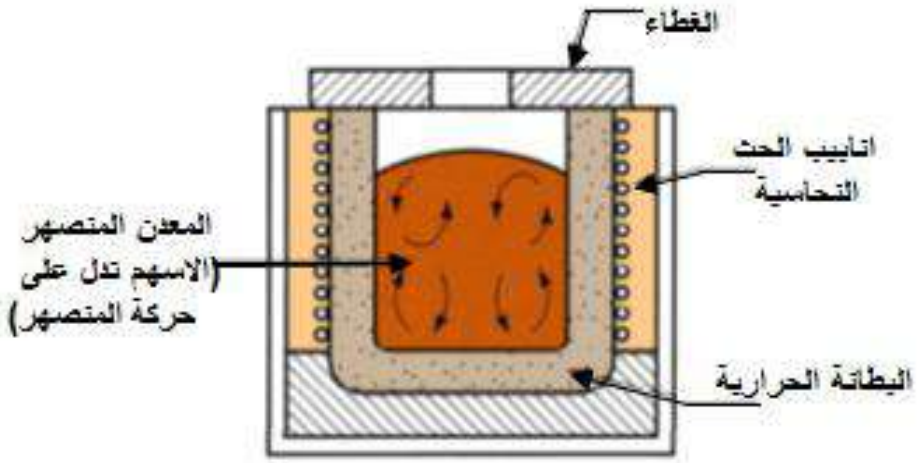
يوجد نوعان من أفران الحث الكهربائي:

1- فرن الحث الكهربائي ذي القلب: في هذه الأفران تحيط الملفات بجزء صغير من وحدة الصهر الذي يسمى ملف الحث، حيث ينصهر المعدن ويجري في حلقة تسمى قناة، ومن ثم ينصهر باقي المعدن في الحوض كما في الشكل (1-18). يستخدم هذا النوع في عمليات الصهر المزدوج وللتسخين في مرحلة الانتظار قبل الصب ولا يستخدم استخداماً واسعاً في عمليات الصهر المباشرة.



شكل(1-18)مقطع لفرن حث كهربائي بقلب

2- فرن الحث الكهربائي بدون قلب: في هذه الأفران حوض الصهر المبطن بمواد حرارية محاط بملفات نحاسية مبردة بالماء، ويستخدم استخداماً واسعاً في عمليات الصهر للمعادن المختلفة، ويمتاز بسهولة التشغيل والصيانة. الشكل رقم (1-19) يبين مقطعاً لفرن حث كهربائي بدون قلب.

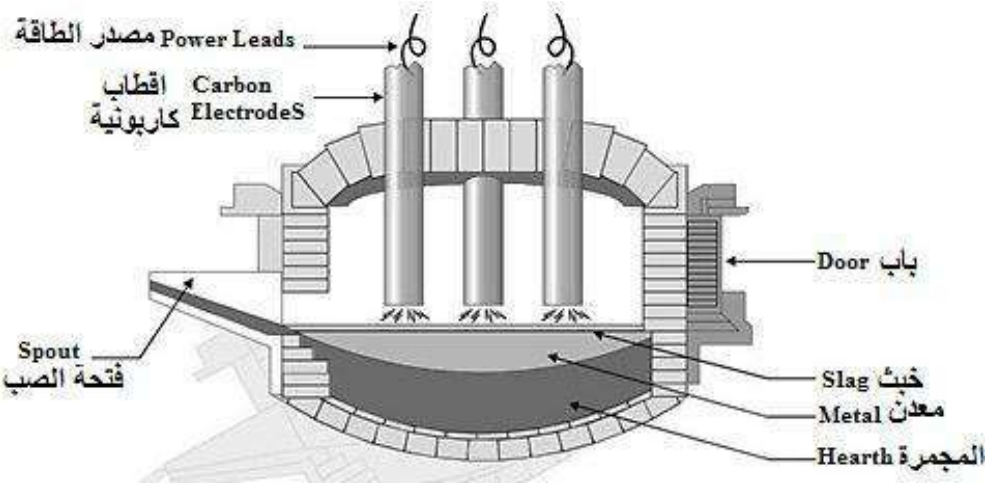


شكل(1-19)مقطع لفرن حث كهربائي بدون قلب

2-5-1 فرن القوس الكهربائي (Electric Arc Furnace)

يُعد فرن القوس الكهربائي المبين في الشكل (1-20) من أكثر أنواع الأفران الكهربائية استخداماً لإنتاج الفولاذ، حيث تعمل هذه الأفران على مبدأ تشكيل (تكوين) قوس كهربائي بين قطب كهربائي وبين سطح الطبقة العليا للمعدن المراد صهره، وهذا القوس يولد حرارة قد تصل إلى $1800^{o}C$، وفي بعض الافران الخاصة قد تصل إلى أكثر من $2000^{o}C$، ويستخدم استخداماً واسعاً لصهر الفولاذ وسبائكه.

ويعتمد حجم الفرن على مكان استخدامه والغرض من هذا الاستخدام، ففي المختبرات يكون الحجم صغيراً في حين في المصانع قد يصل حجم الفرن إلىton (200) لكل دفعة، أما في المسابك المتوسطة، فيكون الحجم عادة بينton (1 إلى 10) ، وشحنة الفرن تتكون من فضلات المعادن بنسبة كبيرة. وتُعد أفران القوس الكهربائي أسلوباً مثالياً لصناعة بعض أنواع الفولاذ السبائكي الخاصة وفولاذ العُدَد، وفولاذ الهياكل الإنشائية،وتستخدم استخداماً واسعاً من أجل صهر المعادن الحديدية المختلفة.



الشكل(1-20)يبين مقطع لفرن القوس الكهربائي

أجزاء الفرن ومكوناته

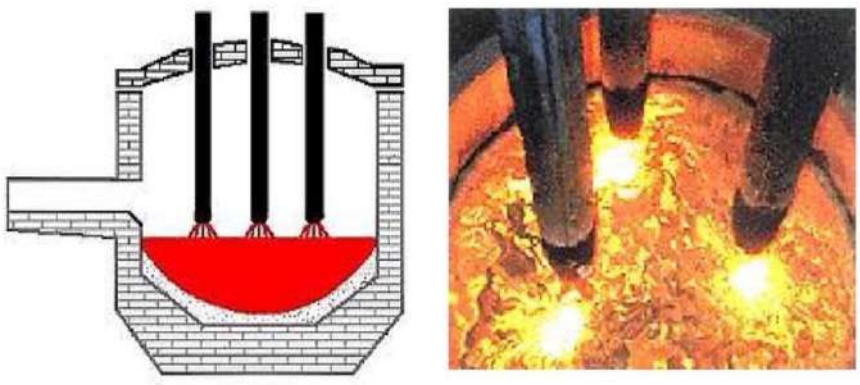
1- جسم الفرن عبارة عن وعاء من الفولاذ أسطواني الشكل وقاعدة مقعرة مبطن بالطابوق الحراري ويحتوي على بوابة ومجرى الصب والتفريغ ومغطى بسقف محدب متحرك مبرد بالماء.

2- سقف الفرن قابل للتحريك أفقياً وعمودياً لتسهيل إدخال مواد الشحنة المعدنية إلى قاع الفرن، وتتم عملية إدخال مواد الشحنة بواسطة رافعة علوية ومن خلال سلة تفتح من الأسفل.

3- أقطاب تتدلى أو تبرز من السقف، وبعدد اثنين أو ثلاثة أقطاب، مصنوعة من الكاربون أو الكرافيت الصلب كما مبين في الشكل (1-21) وتعمل على مرور التيار الكهربائي مباشرة إلى الشحنة المعدنية في حوض الصهر.

4- الأجزاء الكهربائية الخاصة بتشغيل الفرن وتحريك السقف والأقطاب.

5- بطانة الفرن تتكون بشكل عام من المواد المقاومة للحرارة من الطابوق ومواد حرارية مثل الدولومايت والمغنيسايت، والتي تستخدم لتبطين قاع الفرن وجدرانه.



الشكل(1-21)تبين عمل الاقطاب الكاربونية لفرن القوس الكهربائي

الشكل (1-22) يمثل صورة فرن قوس كهربائي إثناء رفع السقف.

شكل(1-22) صورة فرن قوس كهربائي اثناء رفع السقف

عمل الفرن

خطوات تشغيل الفرن

1- لغرض شحن المواد المعدنية إلى داخل حوض الفرن يرفع سقف الفرن ويحرك أفقياً ليتسنى إدخال المواد من الأعلى.

2- تتكون الشحنة عادة من فضلات الفولاذ (السكراب) ومعادن السباكة وحجر االكلس. وتشحن اولاً الأحجام والأوزان الخفيفة من الفضلات، ومن ثم الثقيلة للمحافظة على قاع الفرن.

3- بعد إنجاز عملية الشحن يعاد السقف إلى وضعه الطبيعي، وتحرك الأقطاب عمودياً إلى الاسفل إلى أن تصل إلى مسافة محددة من سطح الشحنة المعدنية.

4- يوصل التيار الكهربائي إلى الاقطاب حيث يتشكل قوس كهربائي بين الاقطاب والشحنة المعدنية وتؤدي الحرارة الناتجة من القوس الكهربائي إلى صهر الشحنة المعدنية.

5- ينتج عن هذه الأقواس الكهربائية كميات هائلة من الحرارة تصهر المعدن بسرعة وتحفز التفاعلات الكيميائية التي تنتج الفولاذ.

6- بعد اتمام عملية الصهر تؤخذ عينات من المعدن المنصهر، من خلال فتحة جانبية لتحليل التركيب الكيمياوي والتأكد من الوصول لتركيب السبيكة المطلوبة وتحديد عناصر السبك المضافة ونسبها الصحيحة.

7- يمكن إضافة عناصر السبك إما من الأعلى بعد تحريك السقف أو من الفتحة الجانبية.

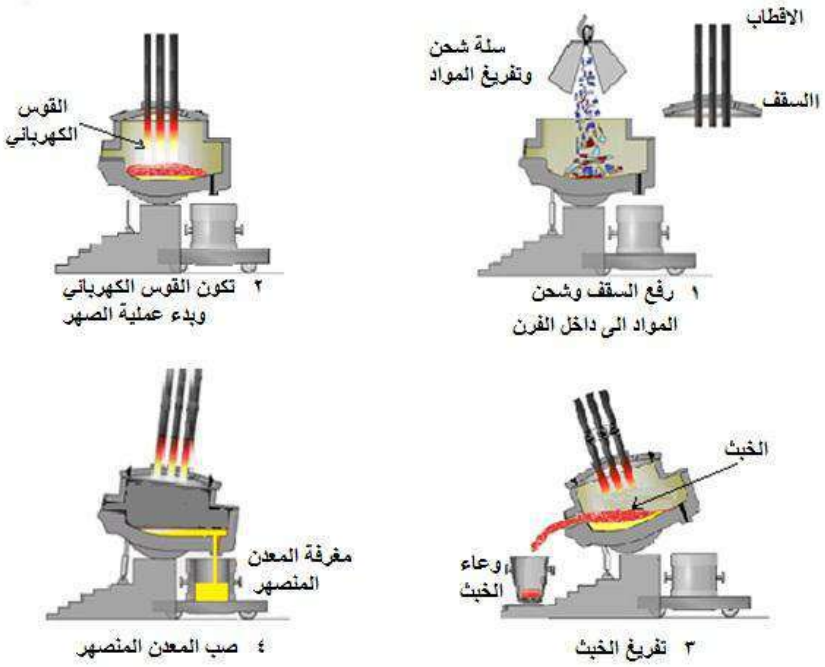
8- عند التفريغ يمال أولاً الفرن إلى الأمام لتفريغ المعدن المنصهر، ومن ثم إمالته إلى الخلف لتفريغ الخبث والشكل رقم (1-23) يوضح الخطوات الرئيسة لعمل فرن القوس الكهربائي.

والشكل رقم (1-24) يوضح صورة لفرن قوس كهربائي أثناء تفريغ مواد الشحنة المنصهرة داخل الفرن.

مزايا فرن القوس الكهربائي

- **قدرة صهر عالية وبدرجات حرارية مختلفة.**
- **معدلات صهرعالية.**
- **التحكم في جودة المنتج.**

اما مساوئ هذا النوع من الأفران فهي استهلاكها العالي للطاقة الكهربائية.

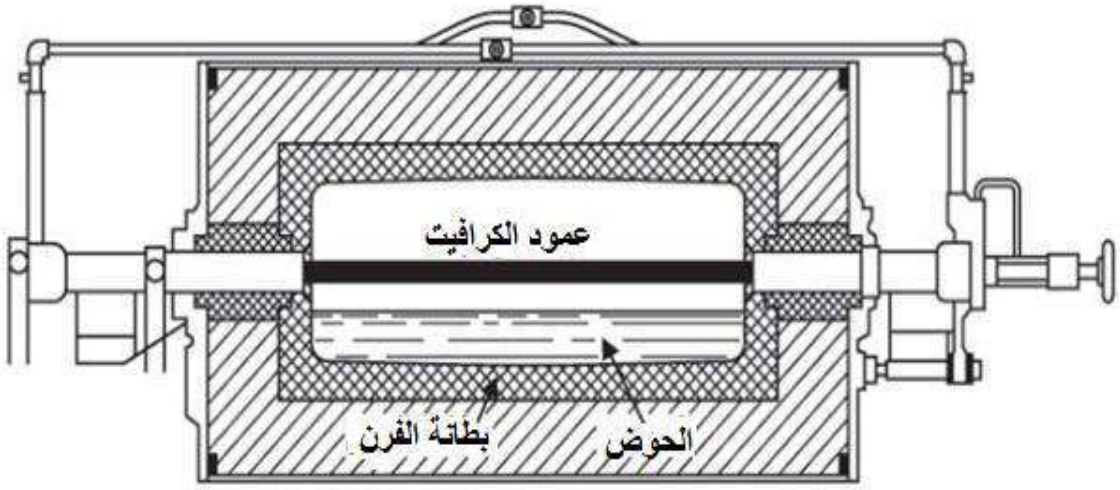


شكل (1-23)المراحل الرئيسية لعمل فرن القوس الكهربائي

شكل (1-24)فرن قوس كهربائي أثناء تفريغ مواد الشحنة المنصهرة داخل الفرن

3-5-1 أفران المقاومة الكهربائية

الصهر في هذه الأفران يمكن أن يكون مباشراً أو غير مباشر، ففي التسخين المباشر يكون الفرن على شكل أسطوانة فولاذية مفرغة ومبطنة بالمواد الحرارية، موضوعة أفقياً على دواليب، وعلى طول محورها عمود متين من الكرافيت موصول من نهايتيه بالتيار الكهربائي، ليشكل المقاومة الكهربائية التي بتوهجها تؤدي إلى تسخين الشحنة المعدنية الموضوعة داخل الفرن وصهرها. وتدور الأسطوانة حول محورها للاستفادة من توزع الحرارة على كامل سطحها الداخلي كما مبين في الشكل (1-25). أما التسخين غير المباشر فيتم في أفران البودقة المشابهة لتلك التي تستخدم الوقود السائل أو الغازي، ولكنها لا تحتوي على محراق وفتحة مدخنة، وإنما تفصل بين البودقة والبطانة الداخلية للفرن مجموعة من المقاومات الكهربائية تغذيها بالطاقة الحرارية اللازمة، وغالباً ما تكون هذه الأفران من النوع ذي البودقة الثابتة والقابلة للتدوير أو الميل إلى الأمام لتفريغ المعدن المنصهر، عدا الصغيرة منها فتكون ذات بودقة متحركة.

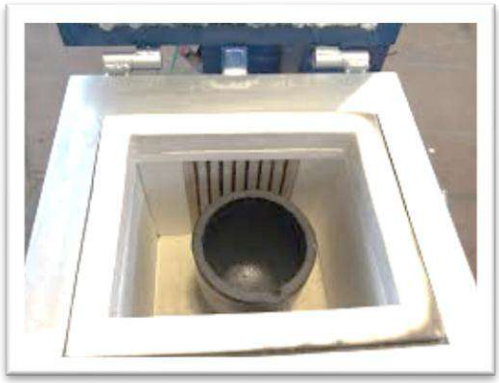


شكل(1-25)فرن المقاومة الكهربائية ذو التسخين المباشر

يسخن الفرن عند إمرار التيار الكهربائي في عنصر التسخين (المقاومات)، حيث ترتفع درجة حرارة القطع المقاومة وتتوهج الى درجات حرارة عالية تؤدي الى تسخين الشحنة المعدنية الموضوعة داخل البودقة في الفرن وصهرها. ويكون التحكم في درجة حرارة فرن المقاومة الكهربائي عن طريق تغيير شدة التيار الكهربائي، وتحدد الدرجة الحرارية التي يصلها الفرن حسب المادة المصنوعة منها المقاومات، فبعض المقاومات المصنوعة من سبيكة النيكل كروم تسمح بالوصول الى درجات حرارة تصل إلى 1100°C والمقاومات المصنوعة من مادة كربيد السليكون فتصل درجة الحرارة الى 1500°C وفي بعض الأفران تتجاوز هذه الدرجة.

ويُعد فرن المقاومة الكهربائية من الأفران النظيفة والقليلة الضوضاء وصديقة للبيئة حيث لا توجد مخلفات للوقود المحترق. وتستخدم أفران المقاومة الكهربائية لتسخين وصهر المعادن ذات درجة الانصهار الواطئة والمتوسطة. الشكل (1-26) يوضح الأجزاء الرئيسة لفرن مقاومة كهربائية والشكل رقم (1-27) صوراً لأنواع مختلفة من فرن المقاومة الكهربائية.

شكل(1-26) يوضح الأجزاء الرئيسة لفرن مقاومة كهربائية



شكل(1-27)أنواع مختلفة من فرن المقاومة الكهربائية

6-1 بطانة الأفران

في عمليات صهر المواد المعدنية التي تحتاج إلى درجات حرارة عالية يجب أن تكون الافران مجهزة ببطانة ملائمة من المواد الحرارية التي تحافظ على جسم الفرن من تأثيرات درجة الحرارة العالية ومن التآكل الكيمياوي والفيزياوي نتيجة وجود حركة المعدن المنصهر والخبث والغازات الحارة، والدور الاهم للبطانة هو المحافظة على درجة حرارة المنصهر وعدم تسربه للخارج.

وتصنع بطانة الأفران من مواد تسمى المواد المقاومة للحرارة أو الحراريات، وتعرف بأنها المواد التي تتحمل درجات حرارة عالية دون أن تنصهر وتصنع هذه المواد الحرارية من مواد غير معدنية

ذات درجات حرارة انصهار عالية تستطيع مقاومة ظروف التشغيل الصعبة في درجات حرارة مرتفعة ولغرض أن تؤدي هذه المواد الحرارية (الحراريات) عملها بشكل صحيح يجب أن تتوفر فيها بعض الميزات ومنها:

1- **يجب أن لا يتغير شكلها وحجمها في مدى درجات الحرارة التي تستخدم فيها.**
2- **يجب أن تحافظ على الحرارة داخل الفرن.**
3- **يجب أن لا يحدث فيها أي تشقق أو تشظي عند تعرضها إلى تغيير مفاجيء في درجات الحرارة أثناء العمل.**
4- **مقاومة الإجهادات المسلطة عليها نتيجة وزن الشحنة وثقل مواد بناء البطانة.**
5- **يجب أن لا تتفاعل المواد الحرارية مع المعدن المنصهر والخبث والغازات.**
6- **يجب أن تكون ذات قوة مناسبة لمقاومة ظروف التشغيل أثناء وضع القطع المعدنية وإزالة الخبث وتفريغ المعدن المنصهر.**

إن معظم مكونات المواد الحرارية هي مواد خزفية (سيراميكية) تصنع من أكاسيد المعادن ذات درجات الأنصهار العالية ومن أهم أكاسيد المعادن المستخدمة كمواد حرارية هي: ثاني أوكسيد السيلكون وأوكسيد الالمُنيوم وأوكسيد المغنيسيوم. وهناك مواد أخرى تصنع منها المواد الحرارية مثل الكبريتيدات والبوريدات والنترات وعند اختيار المواد الحرارية لأغراض الصهر يجب أن تكون ملائمة للمعدن أو السبائك التي تصهر فيها.

تصنيف الحراريات

تصنف الحراريات إلى ما يأتي:

1- **حراريات الأكاسيد (Oxidic Refractory): وهي على ثلاث أقسام:**

أ) **حراريات حامضية (Acid): وتستعمل في بطانة بعض الأفران لمقاومة الخبث الحامضي وتشمل الطين الحراري والسيليكا والكوارتز.**

ب) **حراريات قاعدية (Basic): وتستعمل لمقاومة الخبث القاعدي مثل المغنزايت، الألومينا والدولومايت.**

ج) **الحراريات المتعادلة (Neutral): يمكن استعمال هذا النوع من الحراريات للأوساط الحامضية والقاعدية وتشمل الكرومايت والكاربون والمولايت.**

2- **حراريات خاصة (Special Refractory): وتستخدم للتطبيقات الخاصة وهي على عدة أنواع مثل كاربيد السيليكون، الاسمنت.**

ويمكن تصنيف المواد الحرارية وفقا للأسس الآتية :

1 - درجة حرارة انصهار المواد الحرارية: تختلف درجة حرارة انصهار المواد الحرارية حسب التركيب الكيمياوي ونقاوة المادة. ومن الأمثلة على درجة حرارة الانصهار لبعض المواد الحرارية؛ أوكسيد السيلكون 1720^oC، أوكسيد الالمُنيوم 2050^oC، وأوكسيد المغنيسيوم 2800^oC.

2 - الشكل أو الهيئة التي تصنع منها المواد الحرارية: في اغلب الأحيان تكون المواد الحرارية على شكل طابوق وباحجام وبأبعاد قياسية وقد تكون بأشكال مستدقة وانبوبية تستخدم أثناء صب المعادن في البوادق الكبيرة، بالاضافة إلى السمنت الحراري الذي يكون على شكل حبيبات أو مساحيق.

3 - التركيب الكيميائي للمواد الحرارية: وهذه تعتمد على مكونات المواد الكيمياوية للحراريات التي تصنع منها.

4 - التفاعل الكيمياوي للمواد الحرارية: وهي درجة أو دالة حامضية للمواد الحرارية، حيث أن بعض المعادن أو السبائك المنصهرة تتفاعل مع البطانة الحامضية في حين توجد معادن أو سبائك تتفاعل مع البطانة القاعدية، لذلك يكون اختيار نوع البطانة حسب المعدن المنصهر.

الكرافيت (Graphite)

هو واحد من المعادن المتوافرة في الطبيعة، ويستخدم الكرافيت في الصناعات المختلفة أما في السباكة فانه يستخدم بصورة رئيسة في صناعة البوادق كما مبين في الشكل (1-28)، وفي تشكيل القوالب وكذلك في تغطية سطوح القوالب الرملية فيحفظها من تأثير الحرارة العالية للمعدن المنصهر، وكذلك في صناعة اقطاب أفران القوس الكهربائي.

الشكل(**1-28)** صور لبوادق مصنوعة من الكرافيت

الطابوق الحراري (Fire Brick)

يكون الطابوق الحراري المادة الرئيسة في تبطين مختلف أنواع الأفران (الخاصة بصهر المعادن أو المعاملات الحرارية وغيرها). ويمكن إنتاج الطابوق الحراري باشكال وباحجام مختلفة. وفي الشكل رقم (1-29) مجموعة من أنواع الطابوق الحراري واشكاله.

شكل(1-29) اشكال وانواع مختلفة من الطابوق الحراري

اسئلة الفصل الاول

س 1) أجب بكلمة (صح) أو (خطأ) أمام العبارات الآتية وصحح الخطأ إن وجد :

1. **تتميز الأفران الكهربائية بأمكانية التسخين والصهر في درجات حرارة عالية جداً.**
2. **تصنف أفران البوادق في بعض الأحيان من الطريقة المستخدمة لتفريغ وصب المعدن المنصهر.**
3. **يكون الوقود الغازي نظيفاً عند احتراقه ولا يترك مخلفات على الاطلاق مقارنة بالوقود الصلب والسائل.**
4. **بطانة الأفران يجب أن تحافظ على الحرارة داخل الفرن.**
5. **من مساوئ أفران القوس الكهربائي استهلاكها العالي للطاقة الكهربائية.**
6. **إن معظم مكونات المواد الحرارية هي مواد سيراميكية (خزفية) تصنع من أكاسيد المعادن ذات درجات الأنصهار العالية.**

س2) أملأ الفراغات بالعبارات المناسبة:

1. **للحصول على منصهر المعدن يجب تسخين المعدن إلى درجات..... في معدات خاصة تسمى.....**
2. **تصنف جميع المعادن بشكل عام إلى مجموعتين هي أ-..... ب -.....**
3. **يختلف حجم فرن الصهر وشكله تبعا للغرض المستخدم من أجله و..... ودرجة حرارة انصهار.....**
4. **أفران الدست تستخدم الحرارة المتولدة من احتراق..... في صهر المعادن.**
5. **تختلف درجة حرارة انصهار المواد الحرارية حسب التركيب..... ونقاوة المادة.**

س3) ما الاعتبارات الواجب مراعتها عند اختيار فرن المسبك؟

س4) ما أنواع الوقود الرئيسة المستخدمة في أفران صهر المعدن والسبائك في المسابك؟وضح نوع الوقود المستخدم مع كل نوع من أنواع الأفران؟

س5) ما أهم سمات ومزايا فرن البودقة؟

س6) اذكر الخطوات اللازمة لتشغيل فرن الدست.

س7) ما المعادن الرئيسة والسبائك التي تصهر في المسابك وكيف يتم ذلك؟

س8) اذكر استخدامات أفران المحولات ثم بين خطوات عمل فرن الأوكسجين القاعدي وتشغيله؟

س9) ما مزايا الأفران الكهربائية بالمقارنة مع الأفران الأخرى؟

س10) بين مبدأ عمل فرن القوس الكهربائي.

س11) ما الميزات الواجب توفرها في الحراريات؟

الفصل الثاني

منصهر المعادن

MOLTEN METALS

أهداف الفصل:

بعد إكمال دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على أن:

1- **يتعرف على مفهوم السيوبة لمنصهر المعادن والعوامل المؤثرة عليها.**

2- **يتعرف على طرائق قياس درجة حرارة منصهر المعادن ووسائلها.**

1-2 تمهيد

بعد إتمام عملية صهر المعدن يتم صبه من الفرن أما في بودقة خارجية أو في القالب مباشرة. وتُعد المدة بين اخراج المعدن المنصهر من الفرن وحتى صبه في القالب من المراحل المهمة في عملية السباكة، التي تتضمن مجموعة من الملاحظات الأساسية، ومنها: أهمية السيطرة والمحافظة على درجة حرارة منصهر المعدن من خلال قياس درجة الحرارة قبل نقل وصب المعدن وأثنائه باستخدام وسائل وأجهزة قياس درجة الحرارة المناسبة مثل المزدوج الحراري أو مقاييس درجة الحرارة عن بعد. ويجب أن تكون درجة حرارة منصهر المعدن ضمن

مدى مناسب، لأن زيادة درجة الحرارة تسبب ضرراً في قالب السباكة، ودرجة الحرارة الواطئة قد تسبب تجمد المعدن قبل ملىء كل تجويف القالب.

إن المحافظة على التركيب الكيمياوي ونظافة منصهر المعدن وعدم السماح بدخول المواد الشائبة والغازات، من الأمور المهمة ايضاً أثناء نقل المنصهر وصبه، فضلاً عن المحافظة على معدل منتظم ومستمر لعملية الصب ولحين ملئ مغذيات وممرات وتجويف القالب ملأً تاماً.

ومن أهم الخصائص التي يجب الانتباه إليها والتعامل معها بحذر هي السيوبة وبخاصة قبل صب المعدن في القالب وأثنائه، لأن أي تغيير في الظروف المحيطة يعني تغييراً في خواص المنصهر مما يسبب مشاكل في عملية سكب وصب المعدن أو مشاكل في قالب الصب ومن ثم عيوب في المسبوكة المنتجة. أي إن السيوبة هي عامل أساس في تحسين عمليات الصب لأنه يؤثر بقوة على جودة عملية الصب والخصائص النهائية.

والسيوبة هي قابلية منصهر المعدن على الجريان لقطع أكبر مسافة ممكنة لملئ تجاويف القالب قبل فقدان حرارته وتجمده. إن سيوبة منصهر المعدن أو السبيكة لها وظيفة رئيسة ومهمة في عملية السباكة وتعتمد على كثير من العوامل، وقد تمت دراسة هذه الخاصية ووجد لها مقياس رقمي يدعى "السيوبة" أو "مؤشر السيوبة" Fluidity .

تعتمد السيوبة على نوع المعدن وعلى عدد ونسب العناصر السبائكية الموجودة في السبيكة ودرجة انجماد المعدن أو السبيكة وعلى نوع القالب ومادته والظروف المحيطة بعملية نقل المنصهر وصبه. ومن الناحية الاقتصادية فإن عدم كفاية سيوبة منصهر المعدن يؤدي إلى إنتاج مسبوكات غير جيدة تعاني من عيوب كثيرة وفقدان كثير من صفات أسطحها، وبخاصة أن السيوبة تؤثر على نسب رفض المنتجات ذات العيوب ولاسيما المنتجات ذات السمك القليل ومن ثم تؤثر على تكاليف الانتاج.

2-2 سيوبة منصهر المعادن Molten Metal Fluidity

تعريف السيوبة

هي قابلية منصهر المعدن على الجريان لقطع اكبر مسافة ممكنة لملئ تجاويف القالب قبل فقدان حرارته وتجمده، وهي ليست خاصية واحدة بل تشمل مجموعة من الخواص، مثل الخصائص الحرارية وخصائص الجريان، ومن ثم فإن وحدة قياس السيوبة هي وحدة طول وعادة تقاس بالملمتر أو المتر.

ويمكن تعريف السيوبة أيضاً بأنها خاصية منصهر المعدن أو السبيكة التي تمكنها من التدفق والجريان خلال ممرات القالب وملئ جميع التجاويف في القالب. والسيوبة العالية لمنصهر المعدن تساعد في إنتاج مسبوكات ذات جودة عالية ووضوح التفاصيل الدقيقة للمسبوكة.

وتعد السيوبة عاملاً مهماً في اختيار بعض السبائك لعمليات السباكة، وكمثال على ذلك، فأن سبيكة (الألمُنيوم – نحاس) تمتاز بمتانتها العالية والسيوبة القليلة، لذا تستخدم بشكل أقل في المسابك في حين سبائك (الألمُنيوم – سليكون) تستخدم استخداماً واسعاً نظرا لسيوبتها العالية بالرغم من أن متانتها أقل من السبيكة الأولى. وبعض العناصر المعدنية في سبائك الألمُنيوم مثل المغنيسيوم أو النحاس تزيد من المتانة ولكنها تقلل من السيوبة. وكذلك فأن الاستخدام الواسع لحديد الزهر الرمادي مقارنة بأنواع أخرى من حديد الزهر والفولاذ المسبوك يعود إلى حد كبير الى السيوبة العالية لهذه السبيكة بالاضافة إلى درجة الانصهار الواطئة مقارنة بالفولاذ.

وتتأثر السيوبة أيضاً بالتركيب الكيمياوي للسبيكة،إذ إن زيادة نسبة الفوسفور في حديد الزهر الرمادي يزيد من سيوبتها كثيراً وهذا مفيد جداً عند سباكة بعض المنتجات التي لها تفاصيل دقيقة مثل المسبوكات ذات الشكل الفني (المنحوتات).

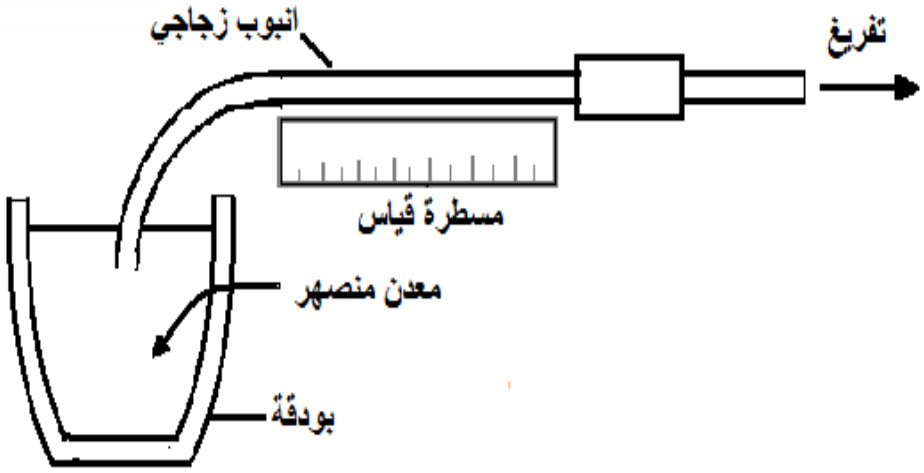
والسيوبة من الخصائص المعقدة التي تتأثر بالكثير من العوامل التي سنتطرق إليها لاحقا والتي تتعلق بمنصهر المعدن من لحظة الصب ولحين انجماد المعدن داخل تجويف القالب.

قياس السيوبة Fluidity Measurement

وضعت العديد من الطرائق والاختبارات لقياس السيوبة على الرغم من أن معظمها لا تعتمد بشكل قياسي عالميا لأن السيوبة لا يمكن أعتبارها من الخصائص الفيزياوية الفردية، وكثير من الأختبارات التجريبية التي أجريت لقياس السيوبة استندت تقريبياً على ظروف تماثل ظروف صب المعدن في قوالب السباكة.

اختبار السيوبة الفراغي Vacuum Fluidity Test

في هذه الطريقة تختبر السيوبة للمواد المعدنية ذات درجات انصهار واطئة مثل معدن الفضة ودرجة أنصهاره $961^{o}C$، وتستخدم بودقة وأنبوب زجاجي بقياسات محددة ومضخة تفريغ لشفط منصهر المعدن من البودقة إلى الجزء الأفقي من الأنبوب الزجاجي، وعند تجمد المعدن يقاس طول المسافة التي قطعها منصهر المعدن قبل تجمده في الأنبوب وتُعد كمقياساً للسيوبة كما مبين في الشكل (2-1).



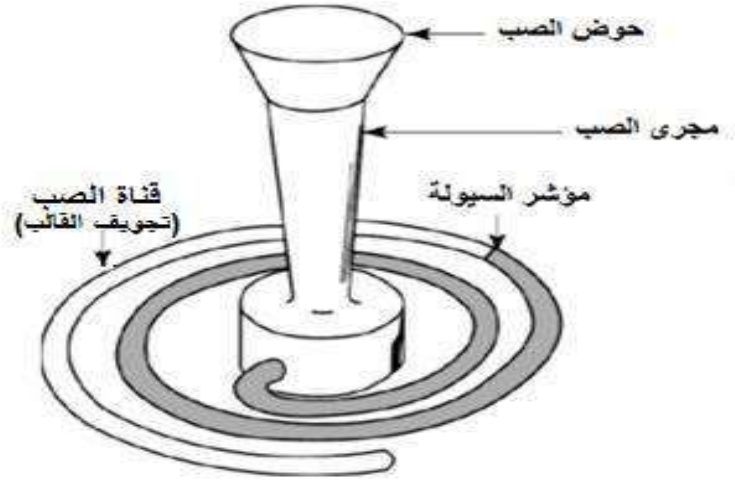
الشكل(2-1) رسم يوضح طريقة اختبار السيوبة الفراغي

اختبار السيوبة الحلزوني Spiral Fluidity Test

ويتضمن هذا الاختبار قياس السيوبة في قالب يحتوي على قناة بقياسات محددة على شكل حلزوني، كما مبين في الشكل رقم (2-2)، حيث يجري منصهر المعدن في القالب في درجة حرارة الغرفة قبل أن يتوقف بسبب تجمد المعدن. وتقاس المسافة التي قطعها منصهر المعدن قبل أن يتجمد ويتوقف عن الجريان وتعُد مقياساً للسيوبة وهذا يعني أن مقياس السيوبة أو مؤشر السيوبة هو طول المعدن المتجمد في القالب الحلزوني وكلما زاد طول المعدن المتجمد كانت سيوبتها أكبر.

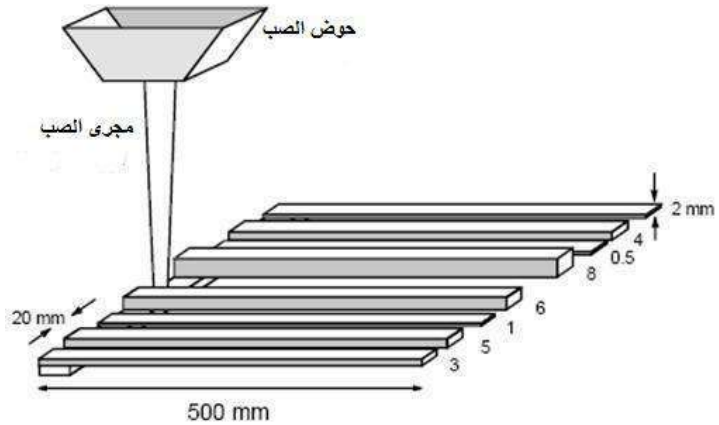
إن الاختبار الحلزوني لا يتوافق توافقاً كاملاً مع الظروف الفعلية لعملية الصب بسبب صعوبة الحصول على الظروف القياسية لعملية الجريان لكل أنواع القوالب. وقد تمت عدة محاولات لمقاربة هذه المشكلة من خلال تصميم أشكال مختلفة لمجموعة حوض الصب في منظومة الاختبار لتنظيم الضغط والحصول على معدل سرعة ثابتة لجريان منصهر المعدن في المنظومة.

إن قياس السيوبة مهمة صعبة لانها تعتمد على كثير من المتغيرات، ولأن قياس السيوبة حساس لأقل اختلاف في الخصائص الحرارية والسطحية للقالب، فقد تستخدم القوالب الكرافيتية والمعدنية بدلا من القوالب الرملية للتقليل من التباين في هذه المتغيرات والعوامل. وعلى مدى العقود الماضية استحدثت تغييرات كبيرة على الاختبار الحلزوني لقياس السيوبة ويعود ذلك الى ان الأختبار تجريبي لا يرتبط بأي علاقة واضحة لتطبيقه في المسبوكات الحقيقية.



الشكل(2-2)طريقة اختبار السيوبة الحلزوني

وبالرغم من أن اختبار السيوبة الحلزوني هو الأكثر شيوعا بسبب سهولة نقله واستخدامه، فإنه مازال يواجه ببعض الاعتراضات في كونه لا يمثل حقيقة جريان منصهر المعدن في القوالب الفعلية، فقد تم مؤخراً الاتجاه إلى البحث عن اختبارات أكثر عملية، ومنها تصميم قالب بسيط يتكون من مجموعة تجاويف على شكل شرائح طويلة بأسماك مختلفة مربوطة بمجرى صب مشترك، وفي هذا الأختبار تملأ الشرائح بمنصهر المعدن في وقت واحد من مجرى الصب المشترك. إن إجراء الاختبار في قالب واحد لمنصهر معدن يوفر المعلومات عن سيوبة المعدن كدالة للسمك، أما عند إجراء عمليات صب عديدة وبدرجات حرارة مختلفة فإن الاختبار يمكن أن يوفر وصفا كاملا لسيوبة منصهر معدن معين، والشكل رقم (2-3) يمثل مخططاً لفحص السيوبة بطريقة القنوات المتعددة.



الشكل(2-3) طريقة اختبار السيوبة باستخدام قالب بقنوات متعددة وذي مجرى صب مشترك

3-2 العوامل المؤثرة على سيوبة منصهر المعادن

تتأثر السيوبة بعاملين هما خصائص المعدن المنصهر وخصائص قالب الصب.

1-3-2 خصائص المعدن المنصهر Molten Metal Characteristics

وتتضمن مجموعة من العوامل المتعلقة بالمعدن نفسه وبالظروف المحيطة بمنصهر المعدن، ويمكن تقسيم العوامل المتعلقة بخواص المعدن إلى ما ياتي:

أ- خواص المعدن الداخلية وتتضمن التركيب الكيمياوي والخواص الحرارية، ومنها المحتوى الحراري واللزوجة والشد السطحي.

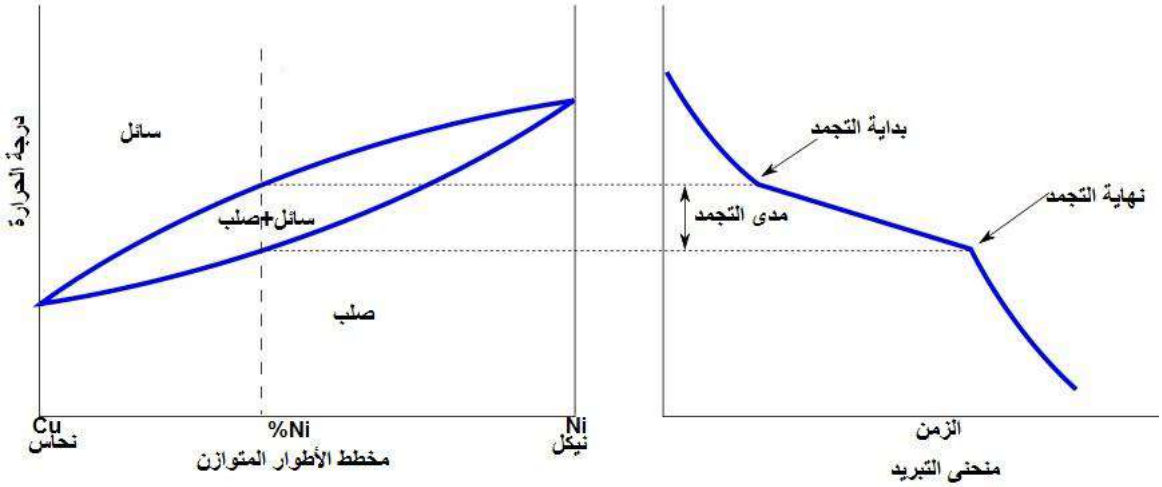
ب- خواص المعدن الخارجية وتتضمن الشوائب غير المذابة والغاز المذاب وطبقة الأوكسيد السطحية. ومن أهم العوامل المؤثرة على سيوبة المعدن أو السبيكة:

1- درجة الحرارة

السيوبة حساسة لدرجة الحرارة، وهي من المتغيرات الحرجة التي يجب السيطرة عليها خلال عملية السباكة. سيوبة منصهر المعدن أو السبيكة تتناسب طردياً مع درجة الحرارة، إذ أن أرتفاع درجة حرارة المعدن المنصهر تزيد من سيوبته.

والفرق بين درجة حرارة انصهار المعدن ودرجة حرارة الصب عامل مهم يؤثر على السيوبة، وأن سيوبة منصهر المعدن تتعلق مباشرة بمدى التسخين العالي (فرط التسخين)، وأن الوقت المستغرق ليبرد المنصهر إلى درجة حرارة التجمد يعتمد على المحتوى الحراري والخصائص الحرارية وليس على درجات الحرارة وحدها.

إن نمط وطريقة تجمد السبيكة يمكن أن تؤثر على السيوبة إذ إنها تتناسب عكسيا مع مدى التجمد (الفرق بين درجة الأنصهار ودرجة حرارة الأنجماد للمعدن أو السبيكة)، فالمعادن ذات مدى التجمد القصير تكون ذات سيوبة عالية، وعلى العكس، فأن السبائك ذات مدى التجمد الطويل تكون سيوبتها أقل. والشكل رقم (2-4) يظهر مدى التجمد لسبيكة نحاس – نيكل (Cu-Ni) من خلال شكل منحنى التبريد (وهي العلاقة بين درجة حرارة المعدن والزمن) وكذلك مخطط التوازن أو الأطوار (وهي العلاقة بين درجة الحرارة والتركيب الكيمياوي للسبيكة).



الشكل (2-4)منحنى التبريد ومخطط الأطوار المتوازن لسبيكة نحاس – نيكل (Cu-Ni)

2 - التركيب الكيمياوي

لقد وجد بأن التركيب الكيمياوي للمعدن أو السبيكة يؤثر تأثيراً كبيراً على السيوبة، فالمعادن النقية تكون ذات سيوبة عالية، وأن إضافة عناصر سبك قليلة للمعدن النقي تقلل من السيوبة. علما بأن المعدن النقي ينصهر وينجمد بدرجة حرارية معينة، وليس بمدى من درجات الحرارة مثل السبائك المعدنية. وإن بعض السبائك المعدنية وبنسب معينة من الخلط تتصرف وكأنها معدن نقي بالنسبة لعملية الإنصهار والإنجماد، أي تنجمد بدرجة حرارية واحدة. وتسمى هذه السبيكة بالسبيكة اليوتكتيكية (Eutectic Alloys) ومثال على هذه السبيكة هي سبيكة الرصاص – القصدير بنسب (38% Pb – 62% Sn).

3 - اللزوجة

من أهم العوامل المؤثرة على جريان منصهر المعدن هو عامل اللزوجة. وقد عرفت اللزوجة بانها مقياس مقاومة سائل ما للجريان (الانسياب). وبالنسبة لمنصهر معدن ما فكلما زادت اللزوجة انخفضت السيوبة أي قلت قابليته للجريان، وكلما قلت اللزوجة زادت سيوبة منصهر المعدن. وتنخفض لزوجة منصهر المعادن بارتفاع درجة الحرارة نتيجة لانخفاض قوة التماسك بين الجزيئات لزيادة المسافة وقلة الاحتكاك بينها.

4 - الشد السطحي

هو ذلك التأثير الذي يجعل طبقة سطح السائل يعمل أو يتصرف كغشاء أو صفيحة مرنة أو مشدودة. يحدث الشد السطحي نتيجة قوى جذب جزيئية مختلفة عند سطح المنصهر تعمل على

تماسك جزيئات منصهر المعدن مع بعضها البعض. الشد السطحي العالي لمنصهر المعدن يقلل السيوبة، وتأثيره يصبح مهماً في المسبوكات ذات السمك القليل أي أقل من5mm.

5- تأثير الشوائب أوالمتضمنات

المتضمنات هي الجسيمات غير القابلة للذوبان مثل الخبث المتكون على سطح منصهر المعدن أو المواد الغريبة (الشوائب) التي تتضمن مواد معدنية وغير معدنية قليلة الذوبان تدخل المنصهر خلال عمليات الصهر والسباكة ويمكن أن يكون لها تأثير سلبي كبير على السيوبة. وعلى سبيل المثال، وجود الرمل في منصهر المعدن يسبب زيادة اللزوجة، ومن ثم يكون المنصهر أكثر سيوبة في حالة استخدام قالب غير رملي.

6- طبقة الأوكسيد

طبقة الأوكسيد التي تتكون على سطح منصهر المعدن يكون لها تأثير سلبي كبير على السيوبة. وقد تكون صلبة أو سائلة، فعندما تكون صلبة مثل التي تتكون على سطح منصهر الألمنيوم فأنها يمكن أن تعيق الجريان أثناء الصب أو أن تمتزج مع منصهر المعدن فتزيد من لزوجته ومن ثم تقلل السيوبة. وتستخدم مساعدات الصهر لتقليل طبقة الأوكسيد المتكونة على سطح بعض منصهرات المعادن وإزالتها لتحسين السيوبة.

2-3-2 خصائص القالب / متغيرات عملية الصب

على الرغم من أن السيوبة سمة خاصة بالمعدن نفسه، لكن سيوبة المعدن أو السبيكة وقوة تدفقه ومدى جريانه أثناء عملية صبه في القالب تتأثر أيضاً بطبيعة القالب بما في ذلك مادة القالب ودرجة حرارة وموصلية القالب، ومعامل انتقال الحرارة، وكذلك متغيرات عملية الصب.

ومن أهم العوامل المتعلقة بطبيعة القالب مثل مادة القالب وخصائصها الحرارية والفيزياوية ومتغيرات عملية الصب في القالب والتي تؤثر على سيوبة منصهر المعدن وجريانه تأثيراً مباشراً أو غير مباشر هي كالآتي:

1- تصميم القالب: أبعاد المغذيات والممرات والبوابات وتجويف القالب وكذلك ارتفاع حوض ومجرى الصب، كل هذه تؤثر بشكل ما على سيوبة المعدن في القالب فضلا عن مادة القالب نفسه، إذ إن الحجم الكبير لحبيبات رمل القالب، كمثال، يمكن أن تؤدي إلى تغلغل أو أختراق منصهر المعدن للقالب الرملي مسبباً زيادة في معدل فقدان الحرارة وتقليل السيوبة.

2- معامل التوصيل الحراري لمادة القالب: إذا كانت الموصلية الحرارية لمادة القالب عالية، فإنه اثناء عملية الصب يزداد معدل انتقال الحرارة من منصهر المعدن الى مادة القالب، مما يؤدي الى

فقدان منصهر المعدن لحرارته (يزداد معدل التبريد) ومن ثم تقل السيوبة. وبالعكس، إذا كانت الموصلية الحرارية لمادة القالب قليلة، فإن معدل فقدان درجة حرارة منصهر المعدن يقل، مما يعني المحافظة على السيوبة لمدة أطول.

3- خصائص سطح القالب: إن زيادة خشونة سطح القالب تؤدي إلى تقليل جريان منصهر المعدن وترتبط هذه الخشونة مع حجم حبيبات الرمل في قوالب السباكة الرملية ولذلك يفضل استخدام حبيبات الرمل الناعمة على سطح تجويف القالب (سطح التماس مع منصهر المعدن). كذلك فأن طلاء سطح القالب له أثر مهم في تعزيز السيوبة لأنه يقلل من معامل انتقال الحرارة (التبادل الحراري) بين المسبوكة والقالب ويزيد من جريان منصهر المعدن من خلال تقليل خشونة سطح القالب وتوفير سطح ناعم وتقليل الاحتكاك. وخير مثال على ذلك هو رش مسحوق الكرافيت على سطح تجويف القالب.

4- نفاذية القالب (تأثير ضغط الهواء): عندما يدخل منصهر المعدن لممرات القالب يجب أن يحل محل الهواء الذي سيخرج من تجويف القالب، ويتم ذلك من خلال نفاذية مادة القالب ووجود فتحات التهوية في القالب. وإذا كانت النفاذية قليلة وفتحات التهوية غير كافية فأن ضغط الهواء الموجود في التجويف سيكون عكسياً مما يتسبب في إعاقة جريان منصهر المعدن وخسارة واضحة للسيوبة.

5- درجة حرارة القالب: على الرغم من أن تسخين القالب يساعد في المحافظة على سيوبة منصهر المعدن، لكن زيادة التسخين أكثر من اللازم تؤدي الى إبطاء تجمد المعدن، مما يسبب في زيادة الحجم الحُبيبي للمعدن المتجمد.

6- معدل سرعة الصب: أبطاء معدل سرعة صب المعدن المنصهر في القالب يؤدي الى انخفاض السيوبة بسبب ارتفاع معدل التبريد عند الصب ببطء.

4-2 وسائل قياس درجة حرارة منصهر المعادن

درجة الحرارة

تُعرف درجة الحرارة إنها مقياس لدرجة سخونة أو برودة الأجسام وتقاس في مقياس محدد، أو هي تلك الخاصية التي تصف الجسم في ما إذا كان ساخناً أو بارداً. السخونة والبرودة هي نتيجة النشاط الجزيئي، وكلما تحركت جزيئات مادة ما بشكل أسرع، تزداد درجة حرارة المادة. ودرجة حرارة انصهار المعادن هي واحدة من الخواص أو المعايير الأكثر أهمية في عمليات سباكة المعادن.

إن مراقبة التحكم وقياسه في درجة حرارة المعدن المنصهر وبالدقة العالية والحفاظ عليها أثناء مراحل عملية السباكة، وضمن حدود درجة حرارة العمل المطلوبة، وقبل أن يصب منصهر المعدن في القالب، ضرورية جداً لأنتاج مسبوكات تتميز بمواصفات عالية الجودة وبأقل عدد من العيوب.

هناك عدة عوامل تتعلق بارتفاع درجة حرارة منصهر المعدن وانخفاضها والتي تؤثر في عملية السباكة، ومنها:

1- منصهر المعدن الحار جداً (درجة حرارته عالية جداً) تؤدي إلى مجموعة من المشاكل ومن ضمنها، الاستهلاك العالي للطاقة، وزيادة تآكل طابوق التبطين المقاوم للحرارة في أفران الصهر وفي بوادق نقل منصهر المعادن، وإلحاق الضرر بالقوالب الرملية مما يؤدي إلى إنتاج مسبوكات ذات عيوب مختلفة.

2- إعادة تخفيض درجة حرارة المنصهر العالية جداً إلى درجة حرارة الصب المطلوبة يعني خسارة في الوقت للوصول إلى تلك الدرجة بالإضافة إلى استهلاك الطاقة.

3- درجة الحرارة المنخفضة جداً لمنصهر المعدن تؤدي إلى إنخفاض سيوبة المنصهر ومشاكل كبيرة في عملية الصب والجريان داخل ممرات وتجاويف القالب ويمكن أن تؤدي إلى عيوب في المسبوكة، ولاسيما عيب عدم اكتمال الشكل (Miss Run).

4- إن المسبوكات المعدنية ذات الاجزاء والتفاصيل الدقيقة تحتاج إلى سيطرة على درجة حرارة منصهر المعدن للحفاظ على السيوبة المطلوبة اثناء عملية الصب ولحين تجمد المعدن.

لقد كان قياس درجة حرارة منصهر المعدن يتم سابقاً بأساليب بسيطة وأكثرها تعتمد على مهارة عامل السباكة وخبرته، ولكن في الوقت الحاضر تستخدم تقنيات مختلفة حسب نوع المعدن الذي صهر، ودرجة حرارة انصهاره وموقع أخذ القياس ضمن مراحل عملية السباكة وتوفر الأجهزة المناسبة. وتوجد أنواع عديدة من أجهزة قياس درجة الحرارة تعتمد على مبدأ القياس وأسلوب العمل وتتباين في مدى درجات الحرارة المقاسة، وخواص المواد المصنوعة منها والظروف التي تخضع لها أثناء العمل.

ونظرا لأن درجات حرارة انصهار المعادن عالية فأن الأجهزة المستخدمة في القياس يجب أن تتحمل الظروف المحيطة بعملية القياس كافة. والأجهزة الأكثر استخداما لقياس درجة حرارة منصهر المعدن هي المزدوج الحراري ومقياس درجة الحرارة الضوئي ومقياس درجة الحرارة

الأشعاعي. وفي الشكل رقم (2-5) صورة تبين إستخدام المزدوج الحراري، ومقياس درجة الحرارة الضوئي لقياس درجة حرارة منصهر المعدن.

الشكل (2-5)استخدام المزدوج الحراري ومقياس درجة الحرارة الضوئي لقياس درجة حرارة منصهر معدن في الفرن

مقاييس درجة الحرارة (المحارير)

كل أجهزة قياس درجة الحرارة تتكون من ثلاثة أجزاء رئيسة؛ جزء أو عنصر متحسس أو مستشعر للحرارة، وجزء محول للإشارة، وجزء لعرض درجة الحرارة المقاسة. وتحدث اثناء قياس درجة الحرارة، بعض التغيرات في الجزء المتحسس من جهاز القياس بسبب تعرضه للحرارة، وتشمل هذه التغيرات الخواص الفيزياوية للمواد التي تتغير مع إنخفاض درجة الحرارة وارتفاعها بشكل ملحوظ ومنتظم وقابل للقياس مثل التمدد والتقلص، ونقصان حجم السائل وزيادته، ونقصان المقاومة الكهربائية وزيادتها.

وعلى أساس التغيرات الناتجة عند تغير درجة الحرارة، يمكن تصنيف أجهزة قياس درجة الحرارة حسب هذه التغيرات، كالآتي:

1- التغيرات في الأبعاد نتيجة التمدد – المحرار الزجاجي والمزدوج المعدني (محرار ثنائي المعدن).

2- التغيرات في المقاومة الكهربائية - محارير المقاومة الكهربائية.

3- التغيرات في القوة الدافعة الكهربائية نتيجة استعمال معدنين مختلفين – المزدوج الحراري.

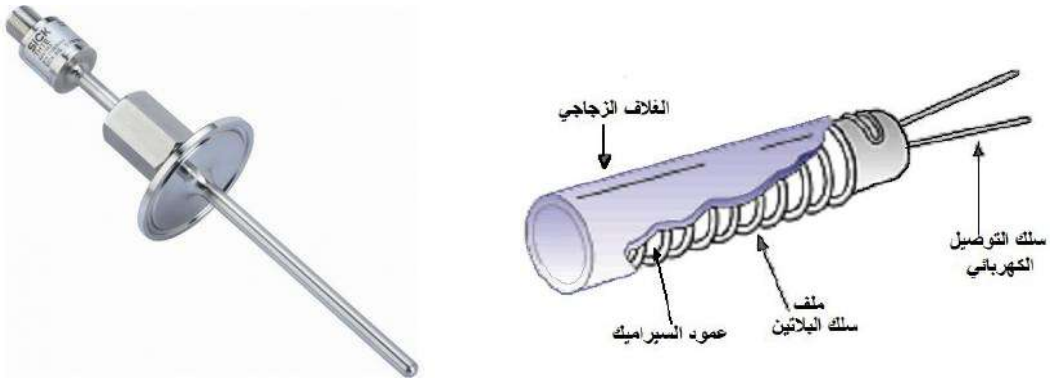
4- التغير في شدة الاشعاع الصادر من جسم ساخن ولون هذا الاشعاع – مقياس الحرارة الضوئي ومقياس الحرارة الأشعاعي.

وهنالك أنواع أخرى من المحارير تستند إلى خواص مختلفة، ولكن سنسلط الضوء على المحارير الأكثر استخداماً في قياس درجة حرارة منصهر المعادن.

1-4-2 محارير المقاومة الكهربائية (RTD) (Resistance Temperature Detector)

يستند عمل هذه المحارير على مبدأ أن المقاومة الكهربائية للمعادن النقية الموصلة وأشباه الموصلات تزداد عموما بمعدل منتظم وذلك تبعاً لارتفاع درجة الحرارة، ويختلف مقدار التغير ومعدله بإختلاف نوع المعدن وطريقة تغيير درجة الحرارة. وتستخدم معادن محددة في هذه المحارير مثل البلاتين أو النيكل أو سبائك النيكل لكون التغير في المقاومة الكهربائية لهذه المعادن يكون خطيا وواضحا وفي مدى واسع من درجات الحرارة.

ويستخدم البلاتين بصورة نقية كسلك رفيع ملفوف لولبيا على عمود من السيراميك ويوضع داخل غلاف رقيق مصنوع من الزجاج أو السليكا أو من معدن آخر حسب الاستخدام ويتصل طرفاه بأسلاك معدنية نحاسية للتوصيل في دائرة كهربائية. ويعد هذا المحرار من المحارير الدقيقة لقياس درجة الحرارة لغاية $600^{o}C$. والشكل رقم (2-6) يمثل مخطط تركيب وصورة لمحرار مقاومة كهربائي.



الشكل(2-6)مخطط تركيب وصورة لمحرار مقاومة كهربائي

2-4-2 المزدوج الحراري (Thermocouple)

المزدوج الحراري من أهم أنواع المحارير التي تستخدم لقياس درجات الحرارة العالية للغازات والسوائل والمواد الصلبة. ويعتمد المزدوج الحراري في عمله على ظاهرة كهروحرارية تتمثل في ظهور قوة دافعة كهربائية صغيرة عند توصيل سلكين معدنيين من مادتين مختلفتين وتعريضهما إلى درجة حرارة عالية.

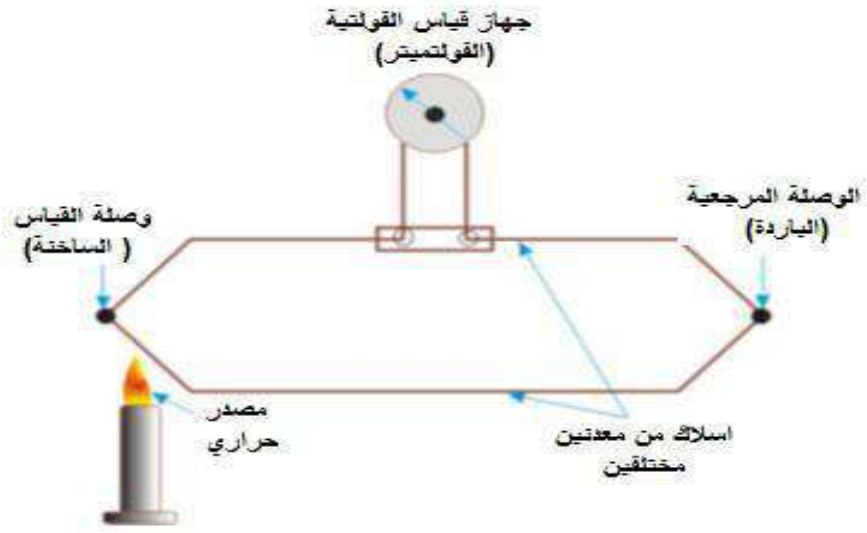
والأساس النظري للتطبيق العملي للمزدوج الحراري يقوم على أنه عند تسخين سلك معدني من طرف إحدى نهايتيه فإن حركة الالكترونات في السلك تزداد عند نهايته الساخنة وتنتقل الإلكترونات الخارجية لذرات المعدن إلى النهاية الباردة للسلك وتصبح سالبة الشحنة نتيجة وجود فائض من الإلكترونات في حين تبقى النهاية الساخنة موجبة الشحنة.

فعند ربط سلكين من معدنين مختلفين معاً في إحدى النهايتين في وصلة ربط وتعريضهما لدرجة حرارة عالية تزداد سرعة حركة الإلكترونات من النهاية الساخنة إلى النهاية الباردة للسلكين ولكن عدد الإلكترونات المنتقلة في كل سلك تختلف حسب طبيعة المعدن فتزداد في إحداها وتقل في الأخرى أي بمعنى إنه يحدث فائض في الإلكترونات من جهة ونقص في الجهة الأخرى مما يؤدي الى إنتاج فرق جهد كهربائي (قوة دافعة كهربائية).

ويتناسب فرق الجهد الكهربائي المتولد طردياً مع الحرارة المستخدمة عند وصلة الربط وعادة ما يكون فرق الجهد الناتج صغيراً جداً ووحدة القياس له هو الملي فولت.

ولغرض معرفة درجة الحرارةعند وصلة الربط أو الوصلة الساخنة يقوم الجهاز بقياس فرق الجهد وحسابها وتحويلها إلى ما يكافئ درجة الحرارة المناظرة وعرضها على شاشة.

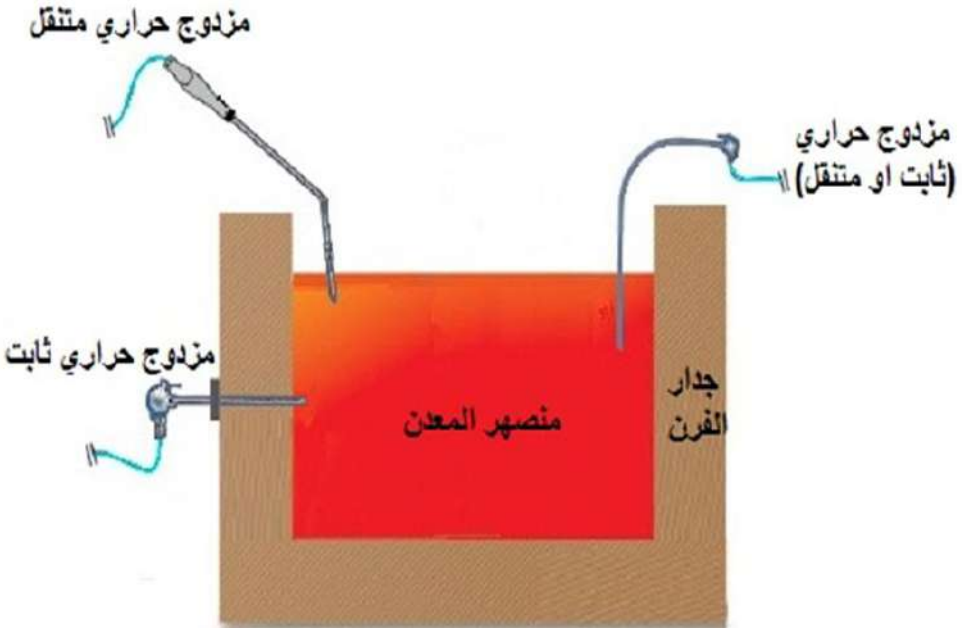
ويمتاز المزدوج الكهروحراري بأنه يستخدم لقياس الحرارة العالية التي تصل إلى أكثر من ($2000^{o}C$)، ولكنها أقل استقراراً من المقاومة RTD عند تعرضها للحرارة المتوسطة والعالية في بعض التطبيقات،والشكل رقم (2-7) يبين مخططاً بسيطاً لمكونات المزدوج الحراري.



الشكل(2-7)مخطط مكونات المزدوج الحراري

أنواع المزدوج الحراري واستخداماته

توجد أنواع عديدة ومختلفة من المزدوجات الحرارية تصنع من معادن وسبائك مختلفة، ولكل معدن أو سبيكة مدى معروف لقياس درجة الحرارة. ويتوفر المزدوج الحراري بأشكال وهيئات مختلفة حسب التثبيت،وحسب مدى درجات الحرارة المراد قياسها، إذ تتوفر بأشكال عدة، منها الثابتة والمتنقلة. والمزدوجات الحرارية الثابتة تركب في جدار الفرن لقياس درجة الحرارة. وفي الشكل رقم (2-8) صورة توضيحية لاستخدام المزدوج الحراري في أفران صهر المعادن.



الشكل(2-8) صورة توضح أنواعاً مختلفة من المزدوجات الحرارية في فرن صهر المعادن

من مميزات المزدوج الحراري:

1- سهولة التصميم والتشغيل.

2- صغر حجمه ومرونته إذ يمكن تركيبه في أي حيز حتى لو كان الوصول إليه صعباً نسبياً.

3- قلة تكاليفه إذ أن المواد التي يصنع منها رخيصة الثمن.

4- صالح للعمل في مدى كبير من درجات الحرارة وبدقة عالية.

أما عيوبه:

1- الإشارة الخارجة تكون صغيرة مما يستلزم وجود أجهزة قياس حساسة.

2- دقة القياس تكون غير جيدة في حالة الاستخدام لمدة طويلة.

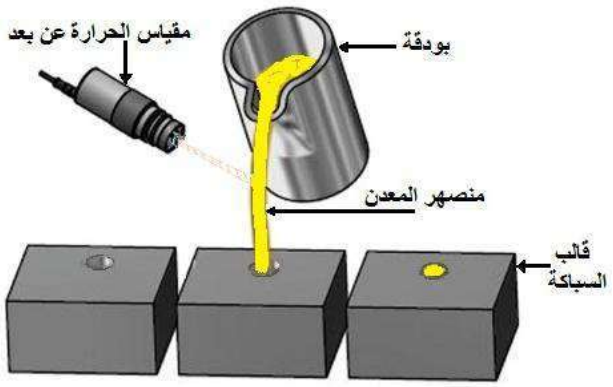
3- يحتاج الى معايرة لتصحيح الخطأ في القراءة.

3-4-2 مقاييس درجة الحرارة عن بعد (Pyrometer)

أجهزة قياس درجة الحرارة عن بعد تعمل على قياس درجة حرارة جسم ما دون تماس مباشر معه، وتستخدم لقياس درجة حرارة الأجسام المتوهجة الساطعة ذات درجات الحرارة العالية، ويعتمد ذلك على العلاقة بين درجة حرارة الجسم الساخن وكمية الأشعاع الكهرومغناطيسي (الأشعة تحت الحمراء أو المرئية) المنبعثة من الجسم.

فعندما يسخن جسم ما لدرجة حرارة عالية يبدأ أولاً بالأحمرار ثم يبَّيض ويتوهج عند درجات الحرارة المرتفعة جداً، أي إنه بإختلاف درجات الحرارة يختلف الطول الموجي للموجة الضوئية المنبعثة من الجسم الحار المشع. كمية الطاقة الحرارية أو الحرارة المنبعثة من الجسم الساخن بالأشعاع والطول الموجي للأشعاع هي دوال على درجة حرارة الجسم الساخن.

وتتميز أجهزة قياس درجة الحرارة عن بعد بأن لها القدرة على قياس درجة الحرارة العالية من دون الحاجة إلى ملامسة الجسم أو الجزء المراد قياسه مع سرعة استجابة عالية وبوقت قصير وبكلف غير عالية. ومقاييس درجة الحرارة عن بعد هي الأفضل في قياس درجة حرارة منصهرات المعادن وبخاصة في المناطق التي لايمكن الوصول اليها أو أثناء التفريغ أو الصب في القوالب. الشكل رقم (2-9) صورة ومخطط يوضح قياس درجة حرارة منصهر معدن أثناء صبه في القالب بواسطة مقياس درجة الحرارة عن بعد.



الشكل(2-9)استخدام مقياس الحرارة عن بعد لقياس درجة حرارة منصهر معدن أثناء صبه

وهناك انواع عدة من مقاييس درجة الحرارة عن بعد ومن أهمها:

1- المقياس الضوئي (البصري).
2- المقياس الاشعاعي.

ومن أهم مميزات أجهزة قياس درجة الحرارة عن بعد:

1- القدرة على قياس درجات حرارة عالية من دون الحاجة إلى ملامسة الجزء المراد قياس درجة حرارته.

2- تستخدم لقياس درجات حرارة عالية لا تستطيع المزدوجات الحرارية العادية قياسها.

3- يمكن قياس درجة حرارة أجسام أو أجزاء لا يمكن الوصول إليها ولمسافات تتجاوز العشرة أمتار.

4- تستخدم لقياس درجة حرارة الأجسام أو المواد الخطرة أو الملوثة.

5- تستخدم لقياس درجة حرارة الأجسام التي من شأنها أن تتضرر في حالة اتصالها مع المزدوجات الحرارية أو محارير المقاومة.

6- يمكن استخدامها لقياس درجة حرارة أجسام أو أجزاء متحركة أو في مواقع أو مواضع مهمة مثل منصهر المعادن أثناء تفريغه من الفرن أو أثناء عملية صب المنصهر في القالب.

7- يمكن استخدام بعض أجهزة المقياس الضوئي لقياس متوسط درجة الحرارة لمساحة سطحية كبيرة من الجسم.

8- مقارنة مع المزدوجات الحرارية، فأن مقاييس الحرارة الضوئية لا توجد فيها أجزاء تحتاج إلى الغمر في منصهر المعدن اي لا توجد فيها أجزاء مستهلكة أو قابلة للتلف أو التآكل وبذلك تكون تكاليف التشغيل قليلة.

9- لا تعتمد على العنصر البشري في دقة القياس سوى أن يقوم المشغل بتوجيه الجهاز على البقعة أو الموضع المراد قياس درجة حرارته.

10- سرعة استجابة عالية وتعطي نتائج قياس دقيقة.

11- نتيجة لسرعة قياس درجة الحرارة يمكن لمشغلي المسبك إتخاذ الإجراءات اللازمة وباستمرار لتلافي أي مشكلة نتيجة التذبذب في درجة حرارة منصهر المعدن.

12- الأمان وسهولة إستخدام الجهاز حيث يمكن تثبيت مقياس الحرارة الضوئي على مسافة آمنة من الجسم الساخن.

ومن عيوب أجهزة قياس الحرارة عن بعد:

1- مبدأ القياس يعتمد على شدة الإشعاع أو الضوء المبعث من الجسم الساخن لذا فإن استخدامه يقتصر عل الأجسام أو التطبيقات ذات الدرجة الحرارة العالية جداً (اكثر من $700^{o}C$).

2- يتأثر قياس الجهاز أحياناً بالظروف المحيطة بالجسم المراد قياس درجة حرارته مثل الغبار والغازات والأبخرة.

3- عدم إمكانية قياس درجة حرارة الاجسام أو المواد الموجودة داخل أوعية مغلقة.

4- كلف الأجهزة تعتبر عالية.

2-4-3-1 المقياس الضوئي (البصري)

هو جهاز لقياس درجة حرارة الأجسام الساخنة عن بعد دون إتصال مباشر معه من خلال استخدام العين البشرية ومنظومة بصرية داخل الجهاز لمطابقة سطوع أشعة الجسم الساخن وتوهجها مع شعيرة مصباح معايرة داخل الجهاز.

ومن مميزات الجهاز:

1- سهل الأستخدام

2- ذو دقة عالية

3- يمكن استخدامه لمجموعة من التطبيقات التي لا تتطلب الإتصال المباشر مع الجسم.

4- يمكن استخدامه لقياس درجة الحرارة مهما كان بعد الجسم المراد قياس درجة حرارته طالما كانت أبعاد الجهاز تتناسب مع أبعاد الجسم.

أما عيوب الجهاز :

1- طالما أن الجهاز يعتمد على شدة السطوع، فأن استخدامه يقتصرعلى التطبيقات التي لا تقل درجة الحرارة فيها عن $700^{o}C$.

2- مقدار الطول الموجي للأشعة التي يمكن قياسها محصورة في (0-650) مايكروميتر.

3- لا يمكن استخدامه لقياس درجة الحرارة لمدد زمنية متقاربة جداً.

4- إمكانية حصول الخطأ البشري عند الاستخدام.

2-4-3-2 مقياس الحرارة الإشعاعي

المقياس الإشعاعي ويسمى أحيانا بالمحرار الإشعاعي هي أجهزة استشعار درجة الحرارة وقياسها عن بعد (غير المتصلة) إذ تقيس درجة الحرارة عن طريق الكشف عن كمية أو شدة الإشعاع الكهرومغناطيسي الحرارية الواردة من بقعة أو موضع على الجسم المقاس.

والمقياس الإشعاعي هو جهاز محمول يرصد ويكشف الأشعاع الحراري المنبعث من جسم ساخن مشع أو متوهج (منصهر معدن ما، كمثال) عن طريق منظومة بصرية داخل المقياس الضوئي توجه إلى الجزء أو الموضع المراد قياس درجة حرارته على غرار الكاميرا. وتقوم المنظومة البصرية بتجميع الأشعة وتركيزها على كاشف يقوم بتحويل الطاقة الحرارية إلى إشارة

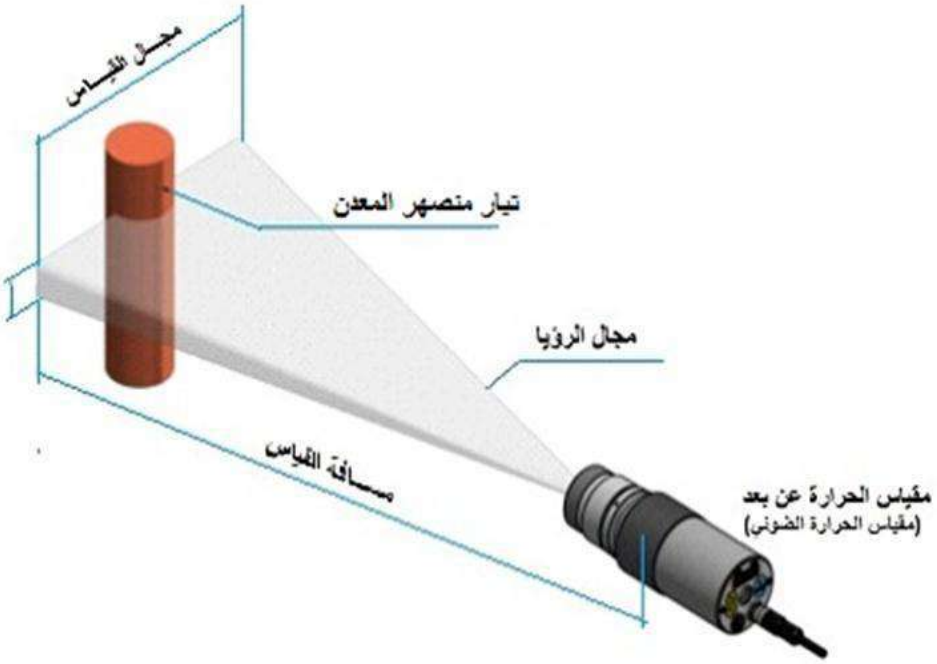
كهربائية تتناسب مع كمية الأشعة الحرارية الداخلة إذ تقاس وتعرض على جهاز عرض أو شاشة كمقياس لدرجة حرارة الجسم المراد قياس درجة حرارته. والشكل رقم (2-10) صورة لجهاز مقياس الحرارة الإشعاعي أثناء قياس درجة حرارة منصهر معدن.

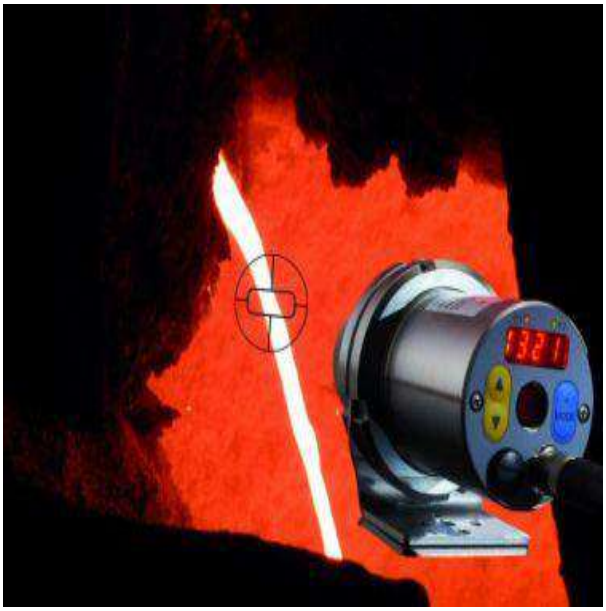
الشكل(2-10)صورة المقياس الإشعاعي أثناء قياس درجة حرارة منصهر معدن

وتشمل أجهزة قياس درجة الحرارة الإشعاعية مجموعة من أجهزة القياس أو الإستشعار يمكن أن تقيس درجة حرارة بقعة أو نقطة ما على الجسم الساخن، أو قياس درجة الحرارة الخطية، أو تلك التي تقيس توزيع درجة حرارة مساحة محددة من الجسم الساخن. ولا توجد حاجة للتماس المباشر بين المقياس والأجسام.

إن الكاشف أو متحسس الإشعاع الحراري تستخدم فيه عناصر حساسة للإشعاعات الحرارية، وهي في معظم الأحيان عناصر شبه موصلة تحسس للأشعة تحت الحمراء الصادرة عن المنبع الحراري المراد قياس درجة حرارته.

ومن التقنيات الحديثة في أجهزة قياس الحرارة الإشعاعي هو استخدام جهاز يتيح قياس درجة الحرارة ضمن منطقة مستطيلة بدلاً من بقعة دائرية حيث توجه الجهاز إلى المنطقة المراد قياس درجة الحرارة ومن خلال مساعدة مؤشر الهدف المستطيل الشكل يمكن قياس درجة حرارة منصهر المعدن خلال عملية الصب كمثال. كما مبين في الشكل رقم (2-11).





شكل(2-11) صور للمقياس الإشعاعي لقياس درجة الحرارة أثناء تفريغ منصهر المعدن

أسئلة الفصل الثاني

س 1 : ما المقصود بمنصهر المعدن؟

س 2 : عرف سيوبة المعدن المنصهر، ثم اشرح طرائق قياسها؟

س 3 : بين تأثير ما يأتي على سيوبة المعدن المنصهر.

درجة الحرارة – اللزوجة – التركيب الكيمياوي – الشوائب – الشد السطحي.

س 4 : ما هي العوامل المؤثرة في عملية السباكة المتعلقة بارتفاع أو انخفاض درجة حرارة منصهر المعدن؟

س 5 : اذكر التغيرات التي تعتمد عليها أجهزة قياس درجة حرارة منصهر المعدن.

س 6 : قارن بين المحرار الثنائي المعدن والمزدوج الحراري.

س 7 : اذكر الأساس الذي يعتمد عليه عمل محرار المقاومة الكهربائية.

س 8 : اشرح عمل المزدوج الحراري مع ذكر مميزاته.

س 9 : اذكر أساس عمل مقياس الحرارة عن بعد (Pyrometer) واذكر أنواعه.

س 10 : قارن بين مقياس الحرارة الضوئي ومقياس الحرارة الإشعاعي.

س 11: أجب بـ (صح) أو (خطأ) مصححاً الخطأ ان وجد:

1. **تقليل نسبة الفوسفور في حديد الزهر يزيد من سيوبته.**
2. **سيوبة منصهر المعدن تزداد مع تقليل اللزوجة.**
3. **زيادة طبقة الأوكسيد المتكونة على سطح منصهر المعدن تقلل من السيوبة.**
4. **من مساوئ مقاييس الحرارة الضوئية هي حاجتها الى الغمر في منصهر المعادن.**
5. **من ميزات مقاييس الحرارة الضوئية هو قدرتها على قياس درجة حرارة أجسام وأجزاء متحركة.**

س 12: أكمل العبارات الآتية:

1. **السيوبة هي قابلية المعدن المنصهر على الجريان لقطع أكبر مسافة ممكنة قبل ..... .**
2. **من طرائق اختبار السيوبة المهمة ..... و ..... .**
3. **ان اختبار السيوبة الحلزوني لايتوافق توافقاً كاملاً مع الظروف العملية بسبب ..... .**
4. **اختبار السيوبة بإستخدام قالب بقنوات متعددة ذي مجرى صب مشترك يوفر معلومات عن سيوبة المعدن كدالة ..... .**
5. **من خواص المعدن المنصهر الداخلية المؤثرة على سيوبة المعدن.....و.....و..... .**
6. **من عيوب المسبوكات نتيجة أنخفاض درجة الحرارة هي ..... .**
7. **كل أجهزة قياس درجة الحرارة تتكون من ثلاث أجزاء رئيسة هي ..... و.....و..... .**
8. **أنواع مقاييس درجة الحرارة عن بعد هي ..... و ..... .**

س 13: أختر الإجابة الصحيحة:

1- سيوبة المعدن المنصهر تعتمد على:

1-نوع الفرن المستخدم 2-الخصائص الحرارية

3-خصائص الجريان 4-الخصائص الحرارية وخصائص الجريان

2- من العوامل المتعلقة بطبيعة القالب التي تؤثر على سيوبة منصهر المعدن:

1-حجم القالب 2-سمك القالب

3-نوع المعدن 4-تصميم القالب

3- إبطاء معدل سرعة صب المعدن المنصهر في القالب يؤدي إلى:

1-زيادة السيوبة 2-انخفاض السيوبة

3-انخفاض اللزوجة 4- زيادة اللزوجة

4- من أجهزة قياس درجة الحرارة التي تعتمد على التغيرات في القوة الدافعة الكهربائية:

1-المحرار الزجاجي 2-المزدوج المعدني

3-المزدوج الحراري 4- محرار المقاومة الكهربائية

5- يعتمد المزدوج الحراري في عمله على ظاهرة:

1-كهربائية 2-حرارية

3-كهروحرارية 4-مغناطيسية

6- من ميزات المزدوج الحراري:

1-عدم حاجته للمعايرة 2- دقة القياس أثناء عمله لمدد طويلة

3-صالح للعمل في مدى كبير من درجات الحرارة 4- إشارة خارجية كبيرة

7- أجهزة قياس درجة الحرارة عن بعد تقيس درجة حرارة الأجسام ذات:

1- الدرجة الحرارية المنخفضة 2- الدرجة الحرارية المتوسطة

3- الدرجة الحرارية العالية 4- جميع ما ورد في (1) و (2) و(3)

8- مقاييس درجة الحرارة عن بعد هي الأفضل في قياس درجة حرارة:

1- منصهرات المعادن في المناطق التي لايمكن الوصول اليها

2- أثناء تفريغ وصب المعدن المنصهر

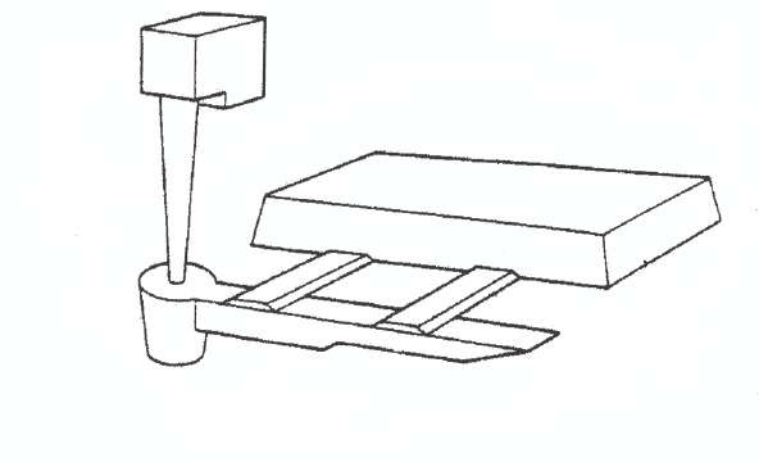
3- المواد الملوثة أو الخطرة

4- جميع ما ورد في (1) و (2) و(3)

الفصل الثالث

مجموعة الصب

Gating Systems



أهداف الفصل:

بعد إكمال دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على أن:

1 – يعرف عناصر مجموعة الصب.

2 – يعرف أنواع المصبات ووظائفها.

3 – يفهم حسابات مجموعة الصب.

4 - يتعرف على المغذيات وفتحات خروج الغازات.

5 – يعرف أنواع المرشحات.

3 – 1 تمهيد

من المعلوم أن جودة المسبوكات بطرائق السباكة المختلفة تعتمد اعتماداً مباشراً على متطلبات عدة، ومن أهم هذه المتطلبات صحة تصميم مجموعة الصب والتغذية ودقتها، لغرض الحصول على مسبوكات سليمة خالية من العيوب وذات بنية وحجم حبيبي مناسب ولهذه المجموعة شروط في التصميم لضمان الحصول على نتائج جيدة.

تعد مجموعة الصب أساساً لعملية السباكة إذ لا تنتج المسبوكات بدون تخطي هذه المرحلة التي تعتمد على توزيع مجموعة من المسارات والقنوات موزعة في أجزاء القالب

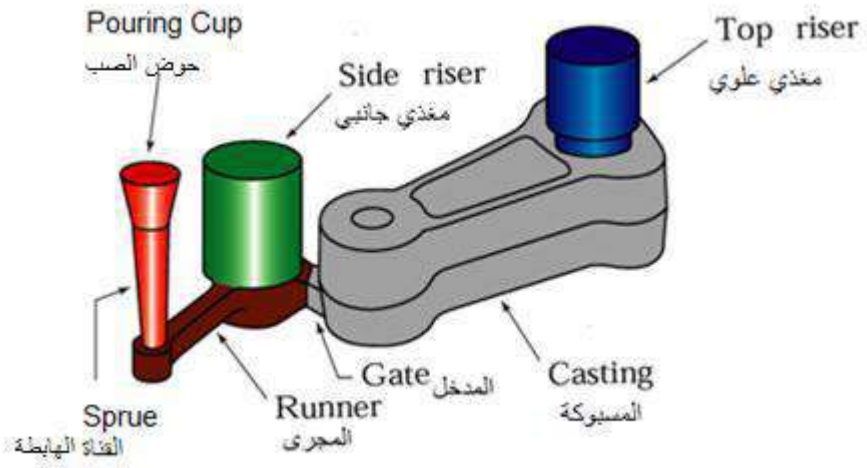
ومتصلة بفراغ الجسم المراد صبه ولأهمية الموضوع فمن الضروري توفير معلومات وبيانات لأهم الطرائق العلمية والعملية في تصميم هذه المجموعة. وفي الوقت الحالي أصبح لبرامج الحاسوب المتخصصة اثراً أساسياً في تصميم قوالب السباكة.

3 – 2 عناصر مجموعة الصب

تعرف مجموعة الصب بأنها مجموعة القنوات والمجاري التي تعمل في قوالب السباكة التي يجري من خلالها منصهر المعدن للوصول الى تجويف القالب للحصول على المسبوكة.

إن معظم القوالب في المقالبات الرملية تتكون من جزئين الجزء السفلي (Drag) والجزء العلوي (Cope)، وغالبا ما يتوزع فراغ النموذج على جزئيه العلوي والسفلي وبذلك نحصل على المسبوكة من خلال صب المعدن المنصهر وإيصاله الى فراغ القالب وتركه حتى يتجمد ويكون شكل الجسم المنتج مطابقا لشكل الفراغ، كذلك في القوالب المعدنية الدائمية مثل Die Casting في المقالبة بالضغط وتتكون من جزئين ويكون عادة جزء جانبي أيمن وجزء جانبي أيسر.

وتتم عملية نقل المعدن المنصهر من وعاء الصب (البودقة) على مسافة قريبة من سطح القالب الى داخل الفراغ من خلال مجموعة الصب التي تتكون من الأجزاء المبينة في الشكل (1-3).



الشكل(3-1)مجموعة الصب

يعتمد نظام الصب على شكل الجسم المراد سباكته وحجمه، فالشكل الصغير أو البسيط يقل فيه عدد القنوات والمداخل، أما إذا كان الشكل كبيراً ومعقد الأجزاء فأن عدد المصبات والقنوات يكون أكبر، وذلك لضمان وصول المعدن المنصهر إلى جميع المناطق قبل أن يتجمد.

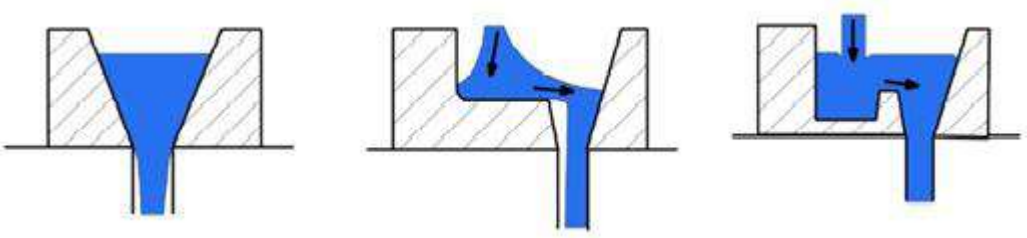
الشروط الواجب توافرها في مجموعة الصب:

1- أن تضمن ملأ فراغ القالب بالمعدن المنصهر من دون حدوث اضطرابات.
2- أن تضمن إنسياب منصهر المعدن دون أن تسبب تساقطاً في رمل القالب.
3- أن تعمل على منع دخول الخبث إلى فراغ القالب.
4- أن تضمن عدم فقدان درجة الحرارة من المعدن المنصهر بسرعة.
5- أن تكون سهلة القطع والإزالة بعد الانتهاء من عملية الصب.

تتكون مجموعة الصب مما يأتي:

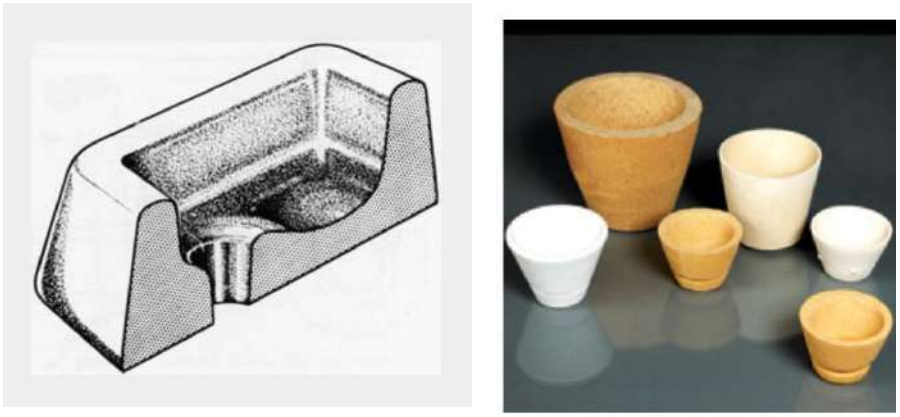
1- حوض الصب (Pouring cup):

هو عبارة عن حوض يصب فيه منصهر المعدن من البودقة ليتوجه إلى المصب بالكمية المناسبة، ليمنع دخول الخبث إلى تجويف القالب. وينحت في الجزء العلوي للقالب الرملي أو يشكل باليد بإستخدام العدد اليدوية للسباكة، والشكل (3-2) يبين بعض أنواع تصاميم حوض الصب.



الشكل(3-2)أنواع حوض الصب

وأحياناً يتم عمله منفصلاً من رمال اللباب ذات المقاومة والتماسك الجيد وتحميصه، ثم يوضع فوق القالب كما مبين في الشكل (3-3) ويعمل حوض الصب على التقليل من تناثر المعدن المنصهر أثناء عملية الصب، ويساعد على دخول المعدن النظيف الى المصب (القناة).



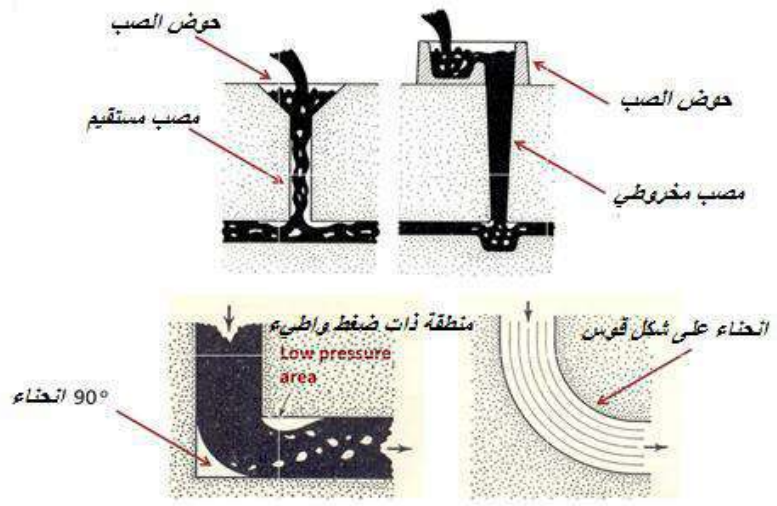
الشكل(3-3)حوض صب منفصل

2- القناة الهابطة (Sprue):

وهي عبارة عن قناة (مصب) رأسية مقطعها دائري تقوم بتوصيل المعدن المنصهر من حوض الصب الى المجرى، وعادة ما تصنع من نفس مادة المقالبة ويراعى عند تصميمها أن تكون ذات شكل مخروطي مجوف كما مبين في الشكل (3-4).

الشكل(3-4)القناة الهابطة

ومن الضروري عند عمل المصبات وضع إنحناء على شكل قوس فيها كما مبين في الشكل (3-5 أ)، لأن وجود الأركان الحادة والزوايا يسبب عدم إنسيابية تدفق المعدن السائل بصورة صحيحة فضلا عن تقليل الضغط اللازم للتدفق كما مبين في الشكل (3-5 ب).

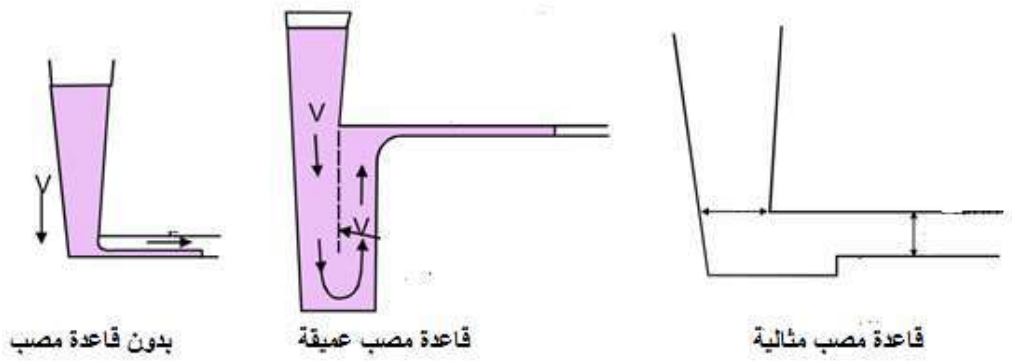


أ ب

الشكل(3-5) أ- مصب خالي من الزوايا ب- مصب ذو أركان حادة

3- قاعدة المصب (Well):

وهو الحيز الذي يستقبل المعدن المنهمر من المصب الذي يجعل جريان المعدن عند الصب منتظما وكذلك لحجز الشوائب كما مبين في الشكل (3-6).



الشكل(3-6)أنواع قواعد المصب

4- المجرى الرئيسي (Runner):

وهو عبارة عن مجرى يستخدم لنقل المعدن المنصهر من قناة المصب إلى تجويف القالب الذي يشكل النموذج المراد سبكه.

5- المدخل (البوابة) (Gate):

وهي فتحة أو بوابة تصل بين المجرى الرئيسي وفراغ النموذج وتستخدم لتغذية مسبوكة واحدة أو عدة مسبوكات ويراعى عند التصميم سهولة قطعها وفصلها عن المسبوكة.

3 – 3 المصبات (أنواع المصبات، وظائفها)

تقسم مجموعات الصب إلى أنواع عدة حسب المستوى الذي يتم بموجبه تزويد القالب بالمعدن المنصهر، وهي كما يأتي:

1- المصبات العليا (Top Gating):

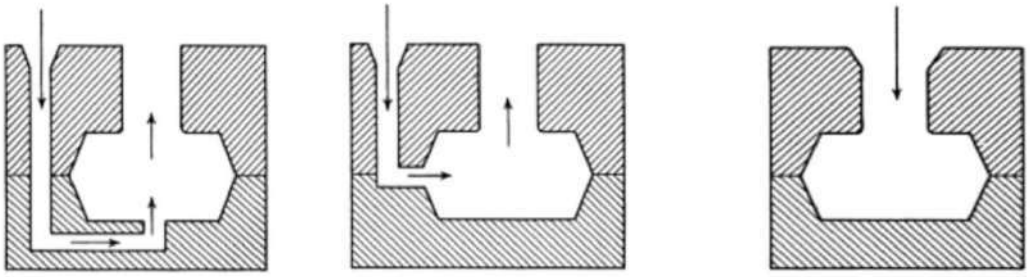
يقتصراستعمال هذا النوع على القوالب الصغيرة نسبيا ذات التصميم البسيط أو على القوالب الكبيرة ذات المقاومة العالية لتآكل سطح القالب الرملي نتيجة اندفاع المعدن المنصهر إلى الداخل كما مبين في الشكل (3-7 أ).

2- المصبات الجانبية (Side Gating):

يدخل المعدن المنصهر إلى تجويف القالب بصورة جانبية كما مبين في الشكل (3-7 ب).

3- المصبات السفلية (Bottom Gating):

تستخدم غالبا في المسبوكات العميقة حيث يدخل المعدن السائل من أسفل تجويف النموذج المراد سباكته ويبدأ بالصعود تدريجيا الى الأعلى الشكل (3-7 ج).



أ ب ج

الشكل(3-7)أنواع المصبات

4 – مصبات خط الفصل:

يتم عمل هذه المصبات عند خط الفصل لنصفي صندوق المقالبة ويمكن فتحها باليد بواسطة إحدى أدوات القشط أو آلياً بواسطة مكائن عند تصميم القالب ويجب مراعاة أن يكون قطر المصب الذي يتصل بالمجرى الرئيس أصغر من قطره الذي يتصل بحوض الصب حتى لايتناثر المعدن المنصهر أثناء الصب وضمان تدفقه بصورة إنسيابية.

3- 4 جريان السائل وزمن انجماده Fluid Flow and Solidificati : Time

من المعروف أن جريان السوائل يتم أما بطريقة إنسيابية أو مضطربة، وسواء كان الجريان إنسيابياً ومنتظماً أو كان تدفقاً مضطرباً، فإن ذلك يتوقف على سرعة جريان السائل وعلى مساحة المقطع العرضي لمجموعة الصب وعلى كثافة ولزوجة السائل المتدفق ويمكن توضيح هذه العلاقة بالمعادلة (3-1) التي تسمى برقم رينولدز(R_e).

رقم رينولدز (Reynolds Number)

$$R_e = \frac{vD\rho}{\mu} \quad \text{.....3-1}$$

حيث أن:

R_e = رقم رينولدز.

v = السرعة المتوسطة لجريان المعدن المنصهر (cm/s).

D = قطر القناة (cm).

μ = اللزوجة $(g/cm.s)$ أو $(Pa.s)$.

ρ = الكثافة g/cm^3

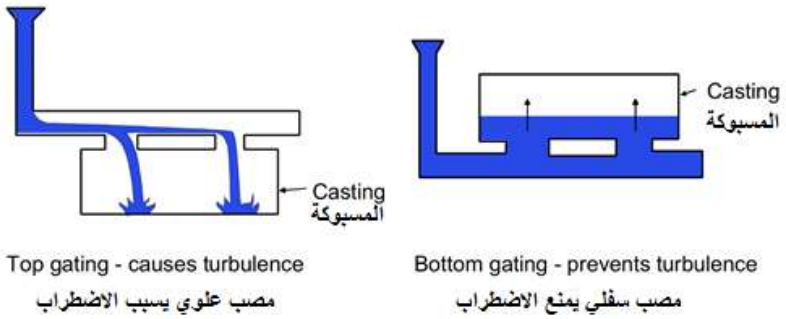
عندما يصل رقم رينولدز الى قيمة حرجة معينة يظهر التدفق المضطرب، وإن من أهم المشاكل المرافقة لحالة التدفق المضطرب هي وجود الخبث والأكاسيد في المعادن عند ذوبانها وتسربها الى داخل القالب، فضلا على أنهيار تجويف القالب.

إن طبيعة جريان منصهر المعدن يتوقف على نقاط عدة وهي:

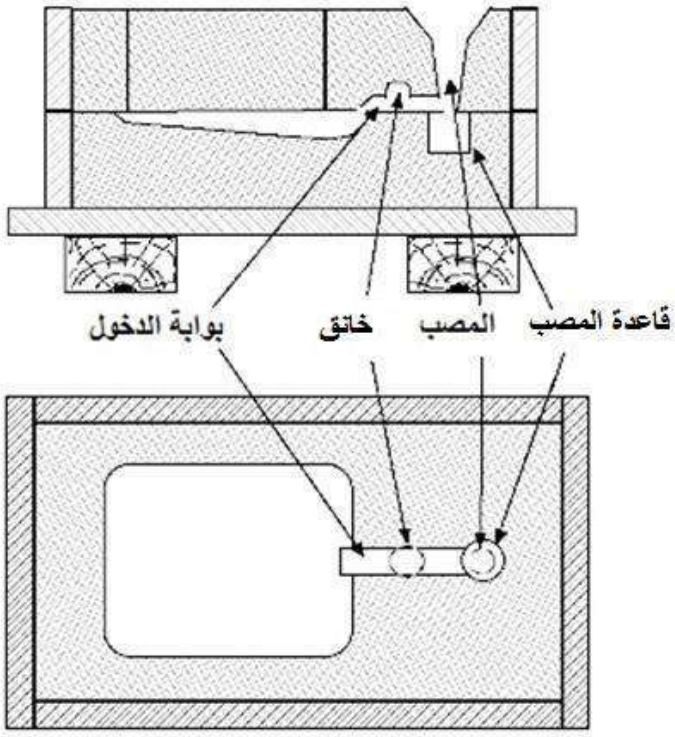
1- اختيار شكل المجاري والبوابات كونهما يتحكمان بطبيعة جريان المعدن المنصهر (منتظم أو مضطرب) كما مبين في الشكل (3-8) والعامل المؤثر في مجموعة الصب أن تكون المساحة السطحية للبوابة أصغر من المساحة السطحية للمجرى ولكي ينتظم جريان المعدن بصورة صحيحة يجب مراعاة التوازن في المساحات وفي عدد البوابات التي تختلف من معدن الى آخر وفي حجم المسبوكة.

2- نوعية النظام (مضغوط أو غير مضغوط) والفرق الأساسي هو وجود الخانق الذي يتحكم بجريان المعدن السائل فكلما تناقصت مساحة مقطع مجرى السائل تزداد سرعة جريان المعدن ويكون النظام مضغوط والعكس صحيح، منظومة الإدخال ذات الخانق توفر تنظيم سرعة جريان للمعدن المناسبة إلى داخل فراغ القالب، وكذلك أصطياد الخبث بصورة أفضل. والخوانق قنوات ضيقة ذات شق توضع بين عمود الصب والبوابات وتتحكم الخوانق في معدل سريان المعدن في منظومة الإدخال، وتحدد البوابات السرعة الخطية للمعدن المنصهر الداخل إلى فراغ القالب، والسرعة الخطية لجريان المعدن يجب أن تكون أقل ما يمكن، ولكنها يجب أن تكون كافية لتملأ كامل مقطع مجرى الصب ويجب أن تكون مساحة مقطع مجرى الصب كافية لكي يجري فيها المعدن المنصهر بسرعة أقل من السرعة الحرجة،التي عندها يعلق الخبث بالمعدن، والشكل (3-9) يبين قالب بمنظومة إدخال ذات خانق.

3- إختيار نوع البوابة وإتجاهها وهذا يعتمد على خط الفصل للقالب كأن تكون بإتجاه افقي أو عمودي على ذلك الخط.



الشكل(3-8)الجريان المنتظم والمضطرب للمعدن المنصهر

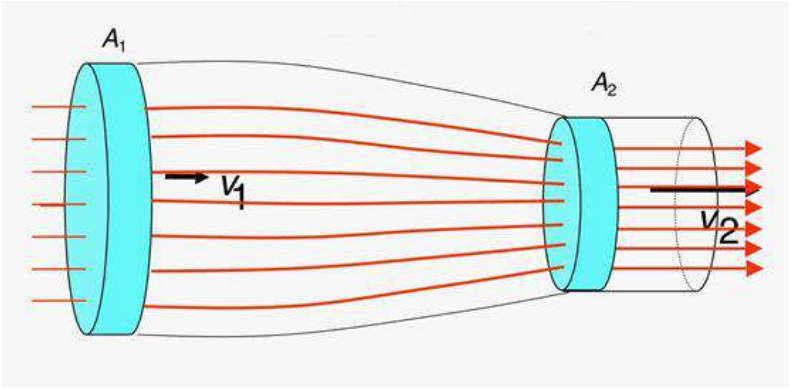


الشكل(3-9) قالب بمنظومة إدخال ذات خانق

3 – 5 حسابات مجموعة الصب

إن تصميم مجموعة الصب يعتمد اعتماداً رئيساً على قوانين تدفق الموائع وأبرزها قانون الاستمرارية (The Law of Continuity) ونصه إذا تدفق سائل بإستمرار خلال أنبوب فإن كمية السائل المارة خلال وحدة زمنية تكون متساوية في جميع النقاط شرط عدم إضافة أو سحب كمية من السائل كما مبين في الشكل (3-10).

ونظرية برنولي (Bernoulli's Theorem) التي تنص على أن مجموع الضغط والطاقة الحركية وطاقة الوضع الكامنة لوحدة الحجوم لسائل متدفق تساوي مقدارا ثابتا. وللحصول على أبعاد مثالية لمجموعة الصب يجب أولا" حساب زمن الصب.



الشكل(3-10) يبين تدفق سائل خلال أنبوب لتوضيح قانون الاستمرارية

قانون الاستمرارية: $A_1 v_1 = A_2 v_2$ 3-2

حيث أن:

A_1 = مساحة المقطع الأول (cm^2).

v_1 = سرعة جريان المائع في المقطع الأول (cm/S).

A_2 = مساحة المقطع الثاني (cm^2).

v_2 = سرعة جريان المائع في المقطع الثاني (cm/S).

نظرية برنولي $P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh$ = ثابت 3-3

حيث أن:

P = الضغط (N/cm^2).

ρ = كثافة المعدن (g/cm^3).

v = سرعة جريان المعدن المنصهر (cm/S).

h = الارتفاع (cm).

g = الجاذبية الأرضية.

1-5-3 حساب زمن الصب (Pouring Time Calculation):

إن العوامل المؤثرة في زمن الصب هي نوع معدن المسبوكة وأقل سمك لجدران المسبوكة، إذ أنه كلما قل سمك جدار المسبوكة فلابد من تقليل زمن الصب حتى لا يتجمد المعدن في الجدران الرفيعة والرقيقة أثناء الصب، وهناك مجموعة من المعادلات التي تستخدم لحساب زمن الصب وهي:

1- حساب زمن الصب بطريقة ديترتا (Deiterta):

تستخدم هذه المعادلة في حساب زمن الصب للمسبوكات ذات سمك جدران صغيرة ومتوسطة لمسبوكات النحاس والالمنيوم كما موضح في الجدول (3-2):

$T = S\sqrt{W}$ 3-4

حيث أن:

T = زمن الصب (s).

W = وزن المعدن المصبوب (kg).

S = معامل يعتمد على أقل سمك للمسبوك.

الجدول 3-2 يبين سمك الجدار لسبائك الألمنيوم والنحاس

نوع السبيكة	سمك الجدار (mm)					
	40	21-40	15-21	9-14	7-9	5-6
سبائك الألمنيوم	2.4	2.3	2.2	2.05	1.98	1.94
سبائك النحاس	1.5	1.34	1.26	1.21	1.17	1.15

2-حساب زمن الصب بطريقة سوبوليف (Sobolev):

وتستخدم للمسبوكات السميكة والمتوسطة مثل مسبوكات الفولاذ (الصلب) وحديد الزهر وفقاً للمعادلة الآتية:

$$T = S1\sqrt{W\delta} \qquad .....3\text{-}5$$

حيث أن:

S1 = معامل يعتمد على نوع المعدن والسمك المتوسط لجدار المسبوك

δ = السمك المتوسط لجدار المسبوكة (*mm*).

مثال:

أحسب زمن الصب بطريقة سوبوليف إذا كان المعدن المسبوك وزنه 40 kg وسمك حائط المسبوك 32 mm والمعدن المسبوك حديد الزهر ومعامل المعدن S_1=1.8 .

الحل:

$$T = S1\sqrt{W\delta}$$

$$T = 1.8\sqrt{40 \times 32}$$

$$T = 64 \text{ Sec}$$

في حال كان حجم تجويف القالب (V) ومعدل التدفق الحجمي للمعدن المصبوب (Q) معروفين يمكن احتساب زمن ملئ القالب (MFT) وهو أقل وقت لأن هنالك معوقات للجريان ومن المعادلة الآتية:

$$MFT = V/Q \qquad .....3\text{-}6$$

3-5-2 حساب مساحة مقطع أصغر قناة للمصب (العنق):

تكمن أهمية العنق في مجموعة الصب بأنه يضبط معدل تدفق المعدن المنصهر إلى تجويف القالب والعنق في مجموعة الصب أما أن يكون مساحة الفتحة السفلية للمصب ونرمز لها بالرمز (A_S) أو مجموع مساحة مقاطع بوابات الصب ونرمز لها بالرمز (A_g) وكل ذلك يعتمد على نوع مجموعة الصب.

هناك نوعان من مجموعة الصب هما:

أ- مجموعة الصب المضغوط (Pressurized Gating System):

في هذا النوع من مجموعة الصب يكون أضيق المقاطع هو مجموع مساحة مقاطع بوابات الصب (A_g) لذلك نجد أن هذا النوع من مجموعات الصب يكون دائماً مملوءاً بالمعدن المنصهر وفي هذه الحالة تكون العلاقة بين مجموع مساحة مقاطع بوابات الصب (A_g) إلى مساحة مقطع المجرى (A_r) الى مساحة المقطع السفلي للمصب (A_s) هي بالنسب الموضحة في الجدول (3-3) وغالباً ماتستخدم للمسبوكات الضخمة لحديد الزهر، ومن مميزات هذه المجموعة توفر تنظيم سرعة سريان للمعدن المناسبة إلى داخل فراغ القالب بسرعة أقل من السرعة الحرجة التي عندها يتم أصطياد الخبث والشوائب بصورة أفضل، من عيوب مجموعة الصب المضغوط تقلل من تسريب الغازات إلى الجو الخارجي.

الجدول 3-3 يبين نسب مساحات بوابة الصب إلى مقطع المجرى إلى المقطع السفلي للمصب

نوع المعدن	$A_g : A_r : A_s$
مسبوكات الفولاذ	1 : 1.1 : 1.2
مسبوكات الفولاذ المنغنيزي	1 : 1.2 : 1.3
مسبوكات حديد الزهر	1 : 1 : 1.5
مسبوكات حديد الزهر الكبيرة	1 : 1.4 : 1.5

ب- مجموعة الصب غير المضغوط (UnPressurized Gating System) :

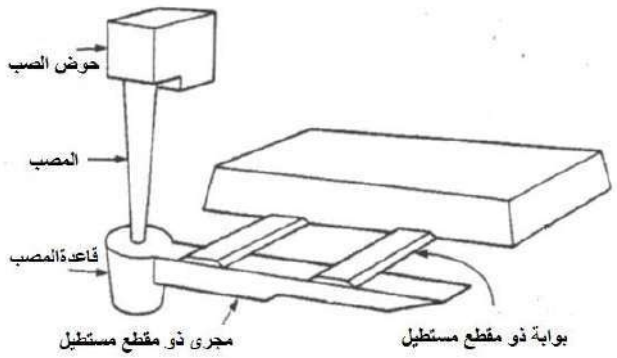
في هذا النوع من مجموعة الصب يكون أضيق المقاطع هو مجموع مساحة المقطع السفلي للمصب (A_s)، ولذلك فإن مجموعة الصب تتسع بإتجاه تجويف القالب ومن ثم تقلل من حدوث دوامات وإضطرابات خلال جريان المعدن مما يؤدي إلى جودة المسبوكة وغالباً ما يستخدم هذا النوع لسبائك النحاس وسبائك الألمنيوم وسبائك المغنيسيوم وتكون العلاقة بين $A_g : A_r : A_s$ على النحو المبين في الجدول (3-4):

الجدول 3-4 يبين النسب بين A_g ، A_r ، A_S

نوع المعدن	$A_s : A_r : A_g$
نحاس	1 : 1.1 : 1.8
برونز	1 : 1.2 : 3
سبائك نحاس – الألمنيوم	1 : 2 : 3
سبائك – الألمنيوم	1 : 3 : 6
سبائك – المغنيسيوم	1 : 2 : 4

ويكون المقطع السفلي للمصب (A_s) دائريا في حين يفضل أن يكون مقطع المجرى (A_r) وبوابات الصب (A_g) على شكل مقطع مستطيل أو شبه منحرف، وفي حال كانت البوابات على شكل مقطع مستطيل فيفضل أن يكون عرضها أربعة أضعاف ارتفاعها أما بالنسبة للمجرى ذي المقطع المستطيل، فيفضل أن يكون إرتفاعه ضعف عرضه كما موضح في الشكل (3-11)، كما يجب أن نلاحظ أن (A_g) هي مجموع مساحة مقاطع بوابات الصب لذلك يجب أن تقسم المساحة الكلية على عدد البوابات المستخدمة لغرض إيجاد مساحة البوابة الواحدة على إعتبار أن البوابات متساوية في المساحة ويفضل أن يكون المجرى في النصف السفلي من القالب وأن تكون البوابات في النصف العلوي.

من ناحية أخرى يجب مراعاة أن لا يكون موقع بوابة الصب قريبا من المصب أو من نهاية المجرى حيث يفضل أن يبتعد موقع بوابة الصب عن المصب أو عن نهاية المجرى مسافة لا تقل عن أربعة أضعاف إرتفاع المجرى كما يفضل توصيل بوابات الصب عن السطح العلوي للمجرى ويفضل استخدام المجرى المستقيم بدلا من استخدام المجرى المنحني في حال المسبوكات الدائرية.



الشكل(3-11) بوابات ومجاري صب ذات مقطع مستطيل الشكل

3-5-3 حساب أبعاد حوض الصب:

يحسب حجم حوض الصب لأغلب المسبوكات باستخدام المعادلة التجريبية الآتية:

$$V_{cup} = 400\left(\frac{w}{t}\right)^{5/4} \quad \text{.....3-7}$$

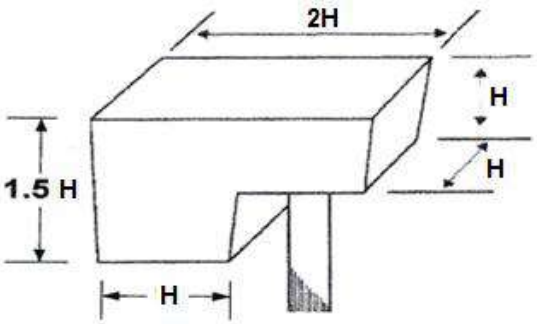
حيث أن:

V_{cup} = **حجم حوض الصب** (cm^3).

w = الوزن الكلي للمعدن المصبوب (kg).

t = زمن الصب (s).

ويصمم حوض الصب بحيث يضمن جريان غير مضطرب للمعدن السائل لذلك يفضل أن يحتوي على حجرة ذات مستوى منخفض مقارنة مع مستوى الفتحة العليا للمصب المرتبطة بحوض الصب وذلك للتخفيف من تناثرالمعدن أثناء عملية الصب فضلا عن أن هذه الحجرة ستقوم بحجز الخبث وتمنعه من الدخول إلى المصب، ويفضل بقاء حوض الصب ممتلئ أثناء عملية الصب والشكل (3-12) يبين مخططاً وأبعاداً لحوض صب مثالي.



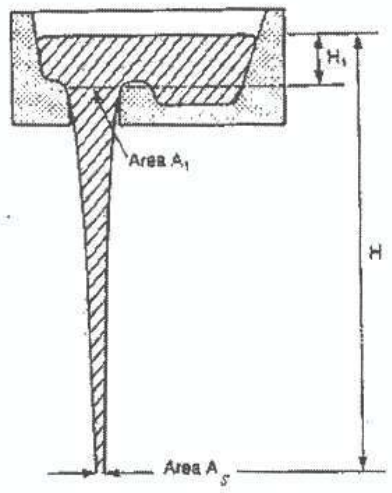
الشكل(3 – 12) حوض صب مثالي من حيث الأبعاد

وبناءً على الأبعاد المبينة للشكل (3-12) فيمكن إيجاد قيمة عمق حوض الصب (H) من المعادلة الآتية:

$$H = \left(\frac{V_{cup}}{2.5}\right)^{1/3} \quad \text{.....3-8}$$

4-5-3 حساب أبعاد المصب:

في حالة القنوات الهابطة عبارة عن قنوات مخروطية كما مبين في الشكل (3-13) يمكن حساب مساحة الفتحات العلوية والسفلية للمصب من خلال تطبيق المعادلة الآتية:



الشكل(3-13) حوض الصب مع المصب

$$A_1 = A_S\sqrt{\frac{H}{H_1}} \qquad \text{.....3-9}$$

حيث أن:

A_1 = مساحة الفتحة العلوية للمصب (cm^2).

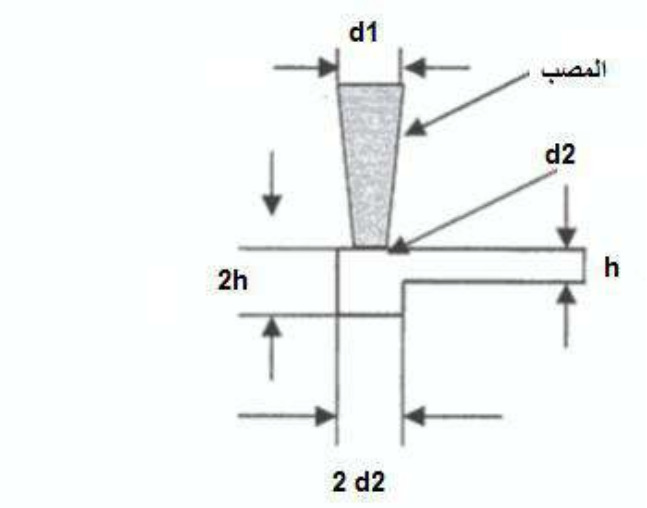
A_S = مساحة الفتحة السفلية للمصب (cm^2).

H = عمق المصب (cm).

H_1 = عمق حوض الصب لغاية مستوى فتحة المصب العلوية (cm).

5-5-3 حساب أبعاد قاعدة المصب:

يبين الشكل (3-14) أبعاداً مثالية لقاعدة المصب بحيث تكون الدوامات الناشئة نتيجة تدفق المعدن المنصهر أثناء عملية الصب أقل ما يمكن حيث أن (h) تمثل إرتفاع (سمك) المجرى الرئيسي والمتصل بقاعدة المصب.



الشكل(3-14)الأبعاد المثالية لقاعدة مصب

3 – 6 المغذيات والمصاعد

تعرف المغذيات (Risers) هي القنوات الرأسية التي تصنع في قوالب الصب عند تصميم مجموعة الصب لتمد المسبوكة بالمعدن أثناء الصب لتعويض الانكماش.

من المعروف أن المعادن يحدث لها إنكماش أثناء التجمد ويختلف معدل الإنكماش من معدن إلى آخر كما مبين في الجدول (3-5).

الجدول 3-5 يبين التمدد والتقلص للانجماد الحجمي لبعض المعادن

التقلص %	التمدد %
الألمنيوم 6.6 الخارصين 6.5 الذهب 5.5 حديد الزهر الابيض 4 – 5.5 النحاس 4.9 البراص 4.5 المغنيسيوم 4.2 الفولاذ الكاربوني 2.5 – 3 الرصاص 3.2	البزموث 3.3 السيليكون 2.9 حديد الزهر الرمادي 2.5

إن إنكماش المعادن يقع في حدود المراحل الآتية:

1- عندما يكون المعدن في الحالة السائلة وبخاصة عندما تكون درجة حرارته مرتفعة وهي أقل نسبة للانكماش.
2- عندما يتحول المعدن من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة (الانجماد).
3- عندما تنخفض درجة حرارة المسبوكة الصلبة من درجة الانجماد إلى درجة حرارة الغرفة وهي أعلى نسبة من الانكماش تحدث في هذه المرحلة للفولاذ الكربوني.

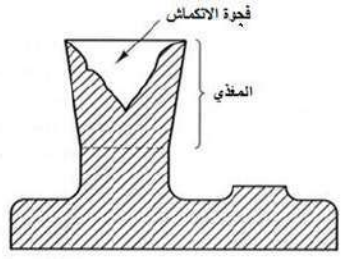
مما تقدم يكون من الضروري وجود مغذ (Riser) يقوم بعملية التغذية للمعدن المنصهر أثناء مدة تجمد المسبوكة كما مبين في الشكل (3-15)،وذلك لمنع حدوث فجوات في المسبوكة، وهذه الفجوات تدعى بفجوات الإنكماش.ومن الجدير بالذكر أن المغذي يساعد على خروج الغازات من تجويف القالب في بداية عملية الصب،وهو أحد العلامات الدالة على ملئ فراغ القالب بالمعدن المنصهر، ولكي تتم عملية التغذية بشكل فعال لابد من توفر الشروط الآتية:

1- أن يكون الزمن اللازم لتجمد المعدن الموجود في المغذي أطول (% 20) عن زمن تجمد المسبوكة.
2- أن يكون حجم المغذي كافيا لتعويض النقص في حجم المسبوكة الناتج عن الانكماش أثناء التجمد.

ويحسب الزمن الكلي للانجماد بتطبيق قاعدة شفورينوف (Chvorinov) من خلال العلاقة التجريبية الآتية:

حيث إن: $TST = C(\frac{V}{A})^n$ 3-12

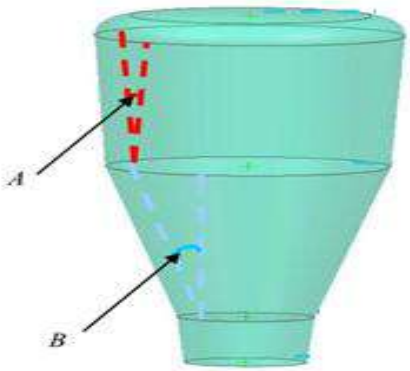
TST = الزمن الكلي للانجماد (S).
C = ثابت يعتمد على نوع مادة القالب.
V = حجم المسبوكة (cm^3).
A = المساحة السطحية الكلية للمسبوكة (cm^2).
n= ثابت



الشكل(3-15)فجوة الانكماش في المغذي

أشكال المغذيات:

من المعروف أن زمن التجمد يتناسب تناسباً طردياً مع حجم المغذي لذلك فإن أنسب اشكال المغذيات هو الشكل الذي تكون فيه نسبة حجم المغذي الى مساحة سطحه أكبر ما يكون وعليه فان أكثر أشكال المغذيات استخداماً هو الشكل الإسطواني والشكل المخروطي أو تكون ذات أشكال مقطعها مربع أو مستطيل والشكل (3-16) يوضح مغذي مثالي.



الشكل(3-16)مغذي مثالي

أنواع المغذيات:

هناك أنواع من المغذيات تصنف حسب وضعها داخل القالب وأكثرها استخداما هي:

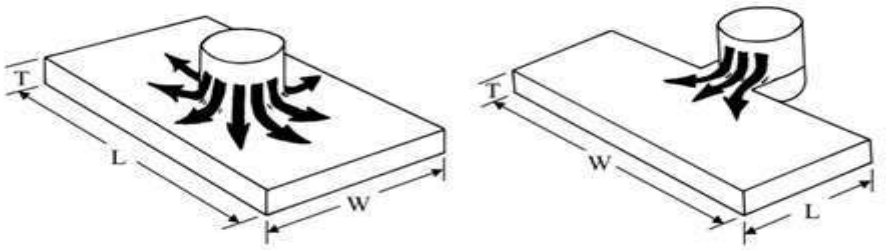
1- المغذي المفتوح للضغط الجوي (Open Top Riser).

2- المغذي المدفون داخل القالب (Blind Riser).

ويقسم المغذي المدفون داخل القالب إلى نوعين هما:

أ- المغذي الجانبي المدفون (Blind Side Riser) كما مبين في الشكل (3-17 أ).

ب- المغذي العلوي المدفون (Blind Top Riser) كما مبين في الشكل (3-17 ب).



ب أ

الشكل(3-17) أ– مغذي جانب ب- مغذي علوي

تصميم مجموعة التغذية (Risers System Design):

إن المغذيات بصورة عامة تقوم بتغذية المسبوكة بالمعدن المنصهر في مدة زمنية محددة وبكمية كافية من المعدن في المكان الصحيح للمسبوكات الذي يتوجب تحديده عند تصميم المغذيات.

إن مواقع المغذيات تعتمد اعتماداً رئيساً على شكل المسبوكة لذلك على المصمم مراعاة أن يكون تجمد المسبوكة موجها بحيث يبدأ في المناطق الأكثر بعداً عن المغذي ومن ثم إلى المناطق المتوسطة وينتهي أخيرا في المغذي نفسه، ومن ناحية أخرى فإن مواقع المغذيات وعددها يعتمد على مسافة التغذية لاسيما في المسبوكات ذات الجدران المتساوية السمك علما بأنه يمكن زيادة مسافات التغذية باستخدام قطع معدنية تدعى المبردات (Chills) في الأطراف والوسط.

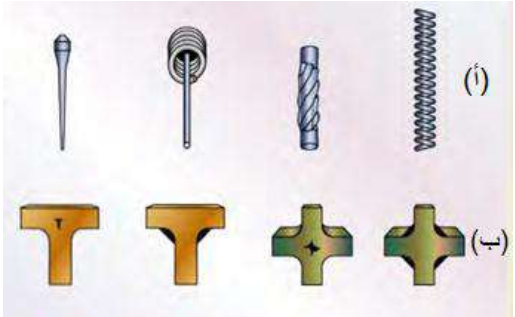
أما في حالة المسبوكات ذات الجدران المختلفة السمك فإن تحديد مواقع المغذيات لا يعتمد اعتماداً مباشراً على مسافات التغذية، بل يعتمد على تحديد المناطق ذات الانجماد المتأخر وهي المناطق ذات المحتوى الحراري الأعلى وبحسب قاعدة شفورينوف فإن المحتوى الحراري لمقاطع المسبوك المختلفة يستدل عليه من خلال قيمة المعامل (M_C) وهو معامل مقطع المسبوك المراد تغذيته الذي يعتمد على نوع مادة القالب وعلى حجم المسبوك وخواص مادة المسبوك ومساحة سطح المسبوك المشعة للحرارة.

المبردات (Chills) :

وهي قطع معدنية تركب في تجـويف القالب لغرض زيادة ســـرعة تبريد المعدن المنصـــهر والحصول على الانجماد الإتجاهي لتلافي حدوث فجوات أو تشققات في المسبوكات وهي على نوعين كما مبين في الشكل (3-18):

أ- مبردات داخلية (أ).

ب- مبردات خارجية (ب).



الشكل(3-18) أ- مبردات داخلية ب- مبردات خارجية

حسابات حجم المغذيات وأبعادها:

يوجد العديد من الطرائق لحساب حجم المغذيات، من أهمها طريقة (Wlodawer) التي تتلخص بما يأتي:

لقد استند (Wlodawer) على قاعدة شفورينوف في حساب حجم المغذيات وأبعادها إذ اعتمد على قيمة المعامل (M) لمقارنة زمن انجماد المغذي ومقاطع المسبوكة المختلفة وعليه فإذا كانت قيمة معامل المغذي (M_R) أكبر من قيمة معامل مقطع المسبوكة المراد تغذيته (M_C)، فإنه من المؤكد أن المغذي سيتجمد في وقت أطول من الوقت اللازم لأنجماد المسبوكة وبذلك يتاح للمغذي رفد المسبوكة بالمعدن المنصهر خلال مدة تجمده ومن ثم الحصول على منتج خال من العيوب (فجوات الانكماش)، ولكي يكون زمن انجماد المغذي أكبر بقدر كاف من زمن تجمد المسبوكة فإن العلاقة المعتمدة بين (M_R) و(M_C) في معظم المراجع العلمية هي:

$$M_R = 1.2M_C$$

أما في حالة المغذيات الجانبية فلا بد من وجود رقبة للمغذي لتصل بينه وبين مقطع المسبوك المراد تغذيته وعليه فإن العلاقة بين معامل الرقبة M_N ومعامل المسبوك M_C هي:

$$M_N = 1.1M_C$$

ومن الجدير بالذكر إنه يمكن تبسيط عملية حساب المعامل في حالة المسبوكات التي لها شكل متماثل حول محور معين كالمسبوكات ذات الاشكال الدائرية مثل المسننات، العجلات، البكرات وغيرها حيث يمكن إيجاد M_C من خلال قسمة مساحة المقطع على طول محيطه المشع للحرارة هذا وقد بين (Wlodawer) إن حجم وأبعاد المغذي الإسطواني الذي يتساوى فيه الارتفاع والقطر تعطى بالعلاقات الآتية:

$$V_R = 0.785\ D^3$$

$$D = H = 6M_R$$

$$M_R = 1.2M_C$$

M_C = معامل مقطع المسبوك

M_R = معامل المغذي

V_R = حجم الجزء الفعال من المغذي

D = قطر المغذي

H = ارتفاع المغذي

علماً أن V_R يمثل حجم الجزء الفعال من المغذي (الجزء الذي يقع أعلى من مستوى الرقبة) وعليه يمكن استخدام ابعاد تفصيلية للمغذيات للحصول على تصميم كامل للمغذي.

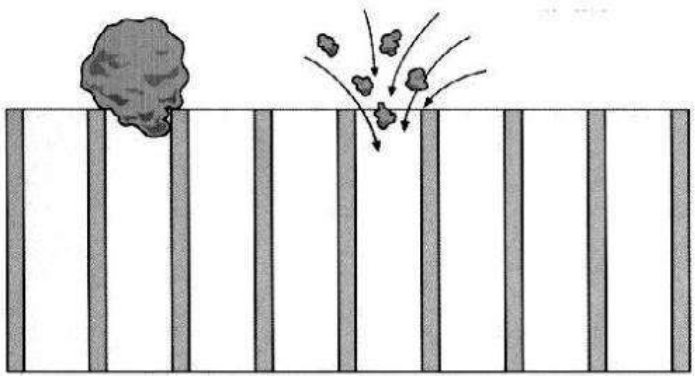
من الجدير بالذكر أن طريقة (Wlodawer) لا تضمن أن يكون حجم المعدن المنصهر داخل المغذي يكفي لملئ حجم التقلص في معدن المسبوكة ولاسيما في الحالات التي تكون فيها المسبوكة على شكل صفائح قليلة السمك، لذلك فإن هذه الطريقة لا يفضل استخدامها في المسبوكات الرقيقة إلا في حالة وضع أكثر من مغذ.

3-7 قنوات خروج الغازات (Vents)

تعد قنوات خروج الغازات من القنوات المهمة التي يجب تنفيذها في القالب قبل عملية صب المعدن المنصهر،إذ تخرج الغازات المنبعثة من داخل تجويف القالب عبر هذه القنوات، ومن ثم سوف لاتظهر عيوب (المسامية) في المسبوكات بسبب احتباس هذه الغازات داخل تجويف القالب.

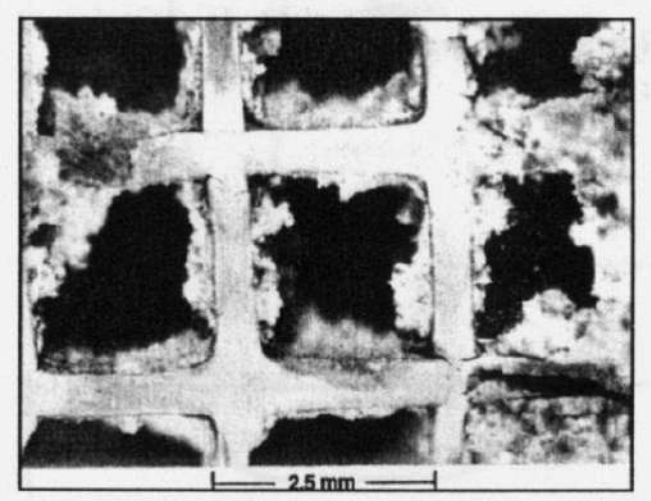
3–8 المصائد والمرشحات

الترشيح هو عملية فصل المتضمنات الصلبة (الخبث) من المعدن المنصهر ويقصد بالخبث هي الشوائب التي تطفو على سطح المعدن المنصهر، نتيجة التفاعلات الكيمياوية التي تحدث بين المعدن وبطانة الفرن أو نوع الوقود المستخدم أثناء صهر المعادن، وعدم السماح بدخولها الى تجويف القالب وتبقى عالقة بالمرشح (المصفاة) والسماح للطور السائل بالمرور كما مبين في الشكل (3-19).



الشكل(3-19)مبدأ عمل المرشح

وفضلا عن الجسيمات الصلبة هناك ايضاً أطوار شبه سائلة ذات لزوجة عالية في المعادن المنصهرة تلتقط من خلال هذه المرشحات كما مبين في الشكل (3-20).

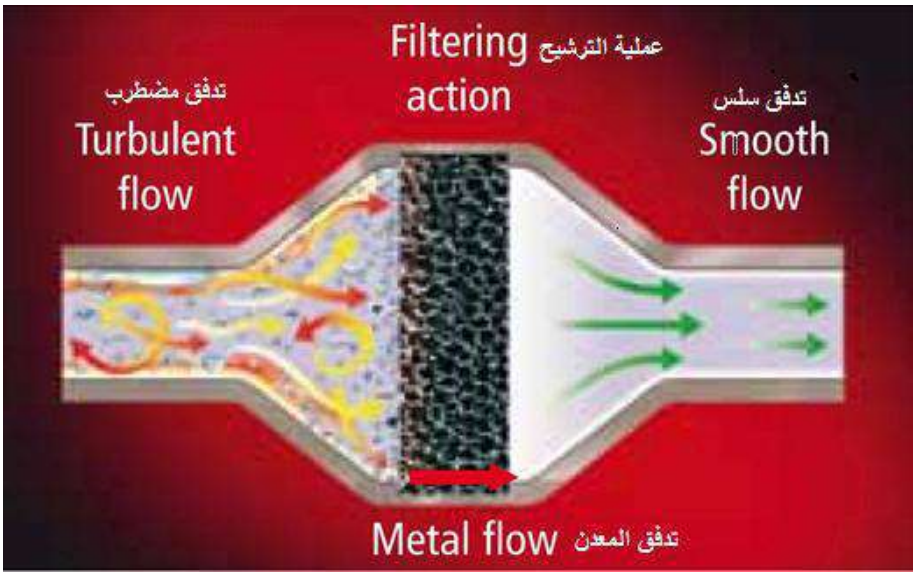


الشكل(3-20)التصاق الشوائب بالمرشح

إن الغرض الرئيس من وضع المرشحات في مجموعة الصب هو مايأتي:

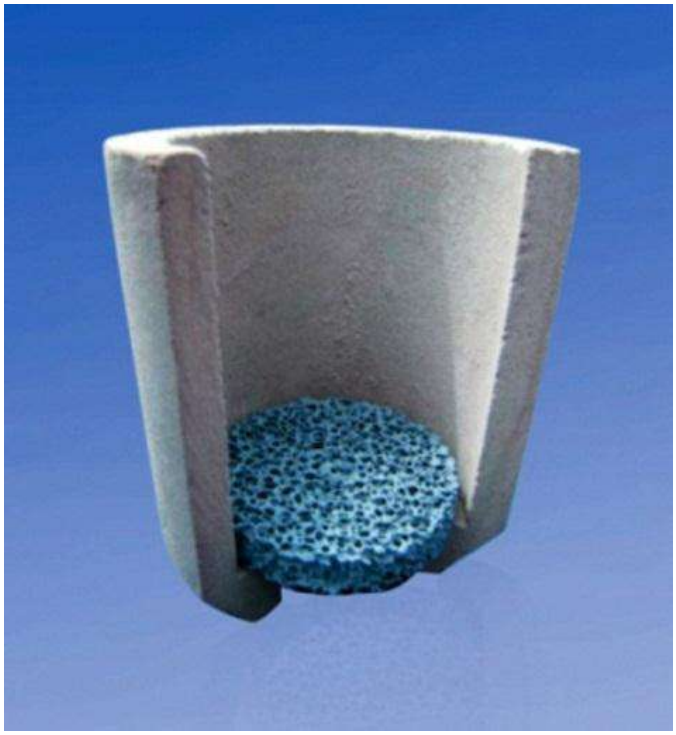
1- إدخال المعدن المنصهر الى تجويف القالب وهو خال من الخبث والشوائب.

2- انسيابية في دخول المعدن وتحويله من الجريان المضطرب الى الجريان الإنسيابي كما مبين في الشكل (3-21).



الشكل(3-21)مبدأ عمل المرشح وطريقة تدفق المعدن

وبصورة عامة فإن المرشحات غالباً ما توضع في بداية مجموعة الصب وبخاصة أسفل المصب كما مبين في الشكل (3-22) وأحياناً توضع في حوض الصب.



الشكل(3-22) يبين مكان وضع المرشح اسفل المصب

الخصائص التي تميز المرشحات هي كما يأتي:

1- مقاومة الانحناء في درجات الحرارة العالية حتى 1500˚C .

2- مقاومة الزحف.

3- مقاومة الصدمة الحرارية الناتجة من دخول المعدن المنصهر إلى القالب.

4- مقاومة التاثير الكيمياوي للخبث.

أنواع المرشحات:

1- المصافي : وتمتاز بما يأتي:

أ- قطر الفتحة (3-5 mm).

ب- مفيد للتدفق السريع.

2- المرشحات الخزفية (Ceramic Filters) ، ومن مميزاتها:

أ- حجم الفتحة (0.02-2 mm).

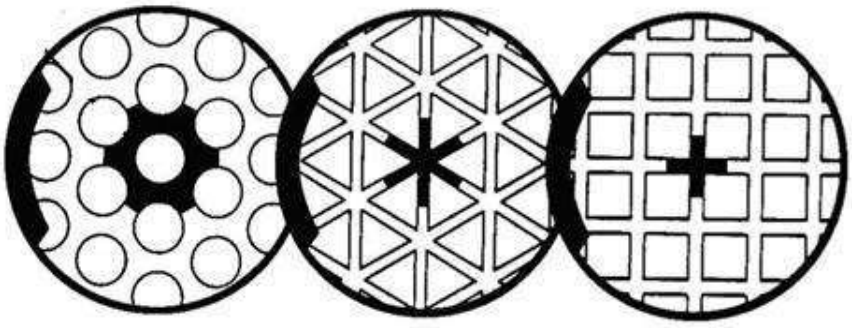
ب- فعال جدا ولاسيما للسبائك غير الحديدية.

3- شبكة الفولاذ السلكية (Steel Wire Mesh)، وتمتاز بما يأتي:

أ- ذات فتحات قياس (1-2 mm).

ب- فعال في حجز الأكاسيد.

الشكل (3-23) يوضح أنواع من المرشحات وأشكال الفتحات والثقوب فيها.



الشكل(3-23) أنواع فتحات المرشحات وأشكالها

اسئلة الفصل الثالث

س 1: أجب بـ (صح) أو (خطأ) مصححاً الخطأ إن وجد:

1. المدخل (البوابة) هي فتحة أو بوابة تصل بين المجرى الرئيس وفراغ النموذج وتستخدم لتغذية مسبوكة واحدة أو عدة مسبوكات.
2. من الشروط الواجب توفرها في مجموعة الصب أن تضمن ملأ فراغ القالب بالمعدن المنصهر من دون حدوث اضطرابات.
3. القناة الهابطة هي عبارة عن قناة (مصب) رأسية مقطعها دائري تقوم بتوصيل المعدن المنصهر من حوض الصب إلى المجرى.
4. المصبات السفلية وتستخدم غالبا في المسبوكات العميقة، إذ يدخل المعدن السائل من أعلى تجويف النموذج المراد سباكته ويبدأ بالنزول تدريجيا إلى الأسفل.
5. المغذيات هي القنوات الرأسية التي تصنع في قوالب الصب عند تصميم مجموعة الصب لتمد المسبوكة بالمعدن أثناء الصب لتعويض الانكماش.

س 2: أكمل العبارات الآتية:

1. يعتمد نظام الصب على ..... وحجم ..... المراد سباكته.
2. من الشروط الواجب توافرها في مجموعة الصب أن تعمل على منع دخول الخبث إلى ..... .
3. إن الغرض الرئيس من وضع المرشحات في مجموعة الصب هو إدخال المعدن المنصهر الى ..... وهو خال من ..... .
4. ..... هي قطع معدنية تركب في تجويف القالب لغرض زيادة سرعة تبريد المعدن المنصهر.
5. نظرية برنولي تنص على أن مجموع الضغط والطاقة الحركية وطاقة الوضع الكامنة لوحدة الحجوم لسائل متدفق تساوي..... .

س 3: أختر الإجابة الصحيحة:

1- إن العوامل المؤثرة في زمن الصب هي:

1) نوع معدن المسبوكة.
2) أقل سمك لجدران المسبوكة.
3) نوع الفرن المستخدم.
4) وجود المرشحات.

2- القناة (المصب) الرأسية التي تقوم بتوصيل المعدن المنصهر من حوض الصب الى المجرى تسمى:

1) البوابة.
2) القناة الهابطة.
3) المغذي الجانبي.
4) قناة خروج الغازات.

3. إن تصميم مجموعة الصب يعتمد اعتمادا رئيساً على:

1) قوانين تدفق الموائع وأبرزها قانون الإستمرارية.
2) أنواع وأشكال فتحات المرشحات.
3) نوع الفرن المستخدم في صهر المعدن.
4) مساعدات الصهر.

4. إن الغرض الرئيس من وضع المرشحات في مجموعة الصب هو مايأتي:

1) لتلافي حدوث فجوات أو تشققات في المسبوكات.
2) زيادة السيوبة.
3) زيادة معدل التدفق الحجمي للمعدن المصبوب.
4) إدخال المعدن المنصهر الى تجويف القالب خاليا من الخبث والشوائب.

5. إن طبيعة جريان منصهر المعدن يتوقف على عدة نقاط وهي:

1) نوعية النظام (مضغوط أو غير مضغوط).
2) إختيار شكل المجاري والبوابات كونهما يتحكمان بطبيعة جريان المعدن المنصهر (منتظم أو مضطرب).
3) عملية التغذية للمعدن المنصهر أثناء مدة تجمد المسبوكة.
4) نوع وعاء الصب (البودقة) وحجمه.

س 4: إذكر الشروط الواجب توافرها عند عمل مجموعة الصب؟

س 5:علل مايأتي :

1- عند عمل المصبات يراعى عمل انحناء على شكل قوس.
2- بعض أنواع أحواض الصب تحتوي على حجرة في الأسفل.
3- تعتبر المغذيات الإسطوانية والمخروطية الشكل الأكثر إستخداماً من الانواع الاخرى.

4- تعد قنوات خروج الغازات من القنوات الهامة التي يجب تنفيذها في القالب قبل عملية صب المعدن المنصهر.

5- إن مواقع المغذيات تعتمد اعتماداً رئيساً على شكل المسبوكة.

س 6: عدد أنواع المصبات مستعينا بالرسم التخطيطي؟

س 7: ما المراحل التي تسبب انكماشا في المعادن؟

س 8:ما الشروط الواجب توفرها في مجموعة الصب؟

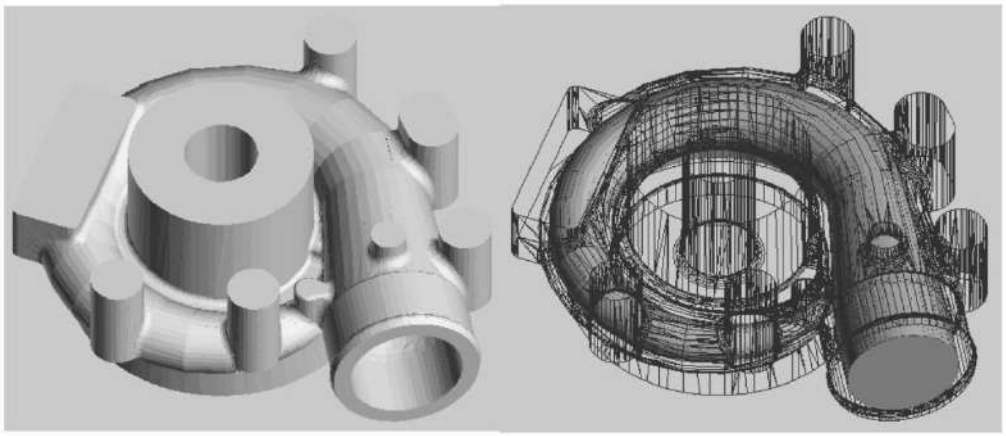
س 9: ما المقصود بالمرشحات، وما الغرض من استخدامها؟

س 10: اذكر العلاقة الرياضية المستخدمة في حساب حجم حوض الصب؟

س 11: اكتب تقريرا مختصرا يتضمن أساسيات مجموعة الصب؟

س 12: اذكر أنواع المرشحات، ثم ارسم أشكال فتحاتها؟

الفصل الرابع
صناعة اللباب
Core Making



أهداف الفصل:

بعد اكمال دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على أن:

1- **يعرف رمال اللباب.**
2- **يتعرف على المواد الرابطة لرمال اللباب والقوالب وأنواعها.**
3- **يتعرف على طرائق صناعة اللباب.**
4- **يعرف طرائق تقوية اللباب وتجفيفه وتنظيفه.**
5- **يتعرف على حوامل اللباب ومسانده.**
6- **يميز بين طرائق وضع اللباب داخل القالب.**

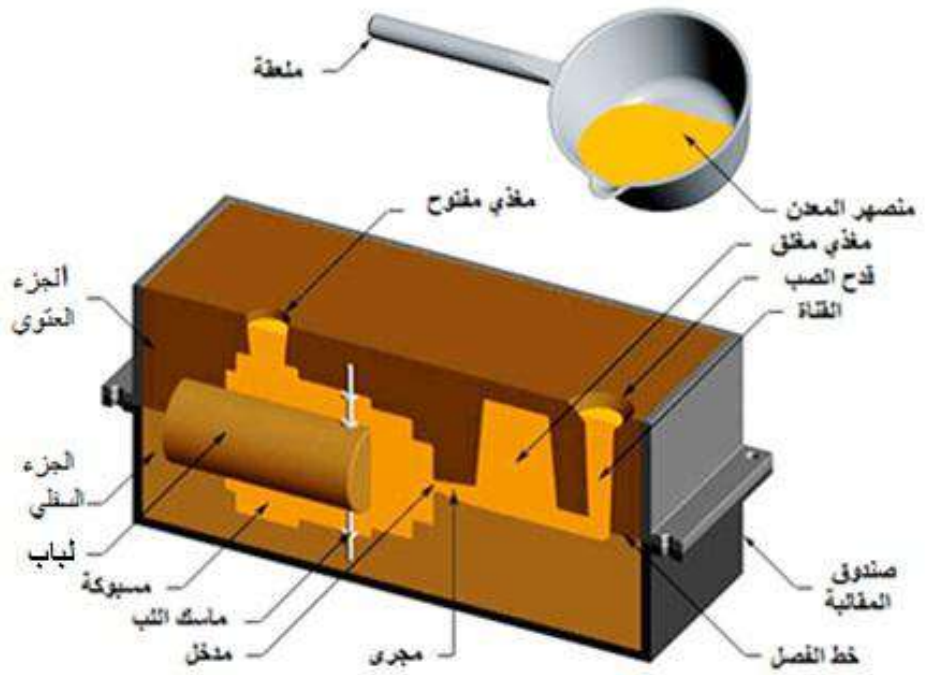
1-4 تمهيد

تستعمل اللباب لتشكيل الفراغات الداخلية في المسبوكات التي يصعب تكوينها بالنموذج وبواسطة اللباب يمكن تكوين أي تجاويف مهما كانت درجة تعقيدها وهذا يؤدي إلى الإقلال من عمليات التشغيل على الماكنات.

وتصنع أغلب اللباب من الرمال بخلطات معينة تمتاز بسهولة تكسيرها بعد الانتهاء من عمليات الصب وذلك لتسهيل عملية تنظيف المسبوكات، وتستعمل في تصنيع اللباب المواد الرابطة العضوية في أغلب الأحيان نظراً لأن هذه المواد الرابطة تمتاز عند تحميصها بقوة التماسك فضلا عن ما تمتاز به خلطات رمال اللباب من خاصية تحمل درجات الحرارة العالية من دون الانصهار والثبوت الحجمي والنفاذية ومقاومة الاجهادات.

2-4 رمال اللباب

يعرف اللباب في السباكة على أنه الجسم الذي يوضع داخل تجويف القالب لغرض تكوين الفراغات والتجاويف في المسبوكات، ويجب أن تمتاز اللباب بالصلابة والصلادة والمقاومة العالية للحرارة لكي تتحمل نقلها ووضعها داخل القالب الرملي، وتقاوم جريان المعدن المنصهر كما مبين في الشكل (4-1).



الشكل(4-1) وضع اللباب داخل القالب الرملي

تتكون رمال اللباب من خليط أساسه الرمل الجيد (الذي يحتوي على نسبة قليلة من الطين) والمادة الرابطة التي تزيد من شدة تماسك الخليط وتتوقف جودة اللباب على نوع الرمل والمادة الرابطة المستخدمة، ويفضل خلط المزيج بواسطة خلاطات آلية كما مبين في الشكل(4-2).

الشكل(4-2)خلاط رمل اللباب

عند عمل اللباب يجب مراعاة شكل حبيبات الرمل المستخدمة وحجمها ونوع المادة الرابطة فعندما يراد لباب ذو نفاذية جيدة، يجب اختيار حبيبات كبيرة ومستديرة الشكل وموزعة توزيعا تاما، ولكن المسبوكات المنتجة منها تكون ذات سطوح داخلية خشنة.

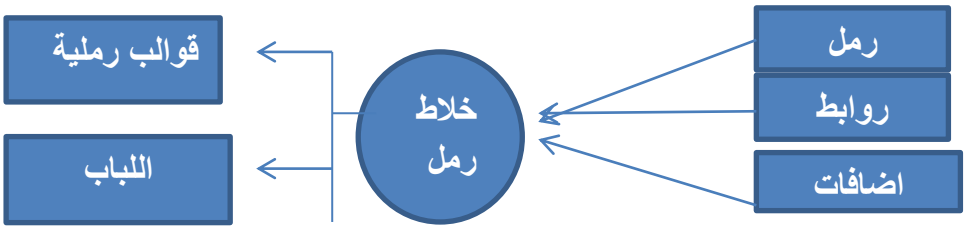
يتوقف نوع اللباب المطلوب في انتاج المسبوكات على عوامل عدة وبخاصة عند عمليات الانتاج، وعند العمل يراعى ما يأتي:

1- **تصميم المسبوكة.**
2- **عدد اللباب المطلوبة للمسبوكة ونوعه.**
3- **مواصفات التفاوت والسماح والتشغيل.**
4- **الاعتبارات التي تؤثر على خواص اللباب الطبيعية.**

يجب الأخذ بنظر الاعتبار احتفاظ اللباب بشكله حتى تصل المسبوكة إلى درجة الانجماد لضمان عدم حدوث عيوب في المسبوكات التي تؤدي إلى فشل المنتج.

3-4 المواد الرابطة

إن وظيفة المواد الرابطة هي ربط حبيبات الرمل مع بعضها، وزيادة المتانة سواء للرمل الرطب أو للرمل الجاف المستعمل في صناعة القوالب الرملية أو صناعة اللباب كما مبين في الشكل (4-3) مما يجعل خليط الرمل متماسكاً ومقاوماً للتفتت.



الشكل(4-3) خلطات رمال القوالب واللباب

الخصائص الواجب توافرها في المواد الرابطة:

1- **تنتشر بانتظام فوق سطح حبيبات الرمل الأساس عند إعداد خليط رمل القالب ورمل اللباب.**
2- **تعطي متانة كافية لخليط الرمل (سواء كان رطباً أو جافاً).**
3- **تزيد لدونة الخليط حتى يتمكن من مليء فتحات وشقوق قالب الصب.**
4- **لا تلتصق بسطح النموذج أو صندوق اللباب أثناء تصنيعهما.**
5- **تساعد على سرعة جفاف لباب المسبوك والقالب الرملي ولاتمتص الرطوبة أثناء تجميع قالب الصب.**
6- **تولد كمية قليلة من الغازات عند تجفيفها في أثناء صب المعدن المنصهر في القالب الرملي.**
7- **لا تقلل من مقاومة قالب الصب أو مقاومة اللباب للحرارة ولا تساعد على احتراق الرمل.**
8- **تساعد على تفتيت اللباب بسهولة بعد تصلب المسبوك.**
9- **غير ضارة للعاملين بها كونها لا تولد غازات سامة.**
10- **رخيصة الثمن.**

يعتمد تصنيف المواد الرابطة على خاصيتين هما طبيعة الوسيط الرابط سواء كان عضوياً أوغير عضوياً كذلك على خاصية الصلادة hardness (ويقصد بها مقدار مقاومة الاجسام للتآكل والخدوش) وتتوقف خاصية التماسك الموجودة بمادة الربط كيمياوية كانت أم طبيعية على طبيعة مادة الربط نفسها، وادناه المواد الرابطة التي تستعمل في القوالب الرملية واللباب، وهي:

4-3-1 الروابط العضوية: وتصنف الى ما يأتي:

1- الروابط التي تجف بالهواء: وغالبا ما تستعمل مع الطين كون الطين يعطي الصلادة الرطبة والمادة الرابطة تعطي الصلادة الجافة وتقسم إلى:

- اللجنين (Lignin): هو منتج ثانوي ينتج من إعداد عجينة الورق على هيئة سائل كبريتيدي ويمكن الحصول عليه على هيئة مسحوق أو سائل ويمكن تركيز هذا المنتج الثانوي إلى كثافة g/cm^3(1.4) ويضاف الى رمال لب المسبوك بنسبة تتراوح من % (1.5- 3) كما أن درجة حرارة تجفيفه من (180 - 160) °C ويستعمل سائل اللجنين مباشرة من دون أي تجهيز لخليط الرمل أما مسحوق اللجنين فيحتاج إلى إذابته قبل الاستعمال.

- الدكسترين (Dextrin): وينتج من النشأ بواسطة حامض ضعيف مع تسخين منخفض، ويستعمل مع المواد الرابطة الأخرى لإعداد غراء اللباب.

- المولاس (Molass): هو بقايا منتج سكر القصب ذو لون غامق ويمتاز بقدرته على جعل اللباب ذي صلادة سطحية عالية.

2- الروابط التي تتصلد كيمياوياً: تعطي هذه الروابط متانة عالية وإنسيابية جيدة لرمال القوالب واللباب ولاسيما للرمال الجافة وتصنف إلى مجموعتين هما الزيوت والراتنجات الصناعية.

- الزيت النباتي: وأهمها زيت بذور الكتان إذ إنه يشكل غشاء لاصقاً لحبيبات الرمل بعد التجفيف ويكسب الرمل صلادة ومقاومة ضد التفتت والطريقة المثلى لعمل لباب باستعمال زيت بذور الكتان هي بإضافة (5%) إلى رمال السيليكا وتخلط بخلاط ثم توضع في صندوق اللب (غالبا ما يصنع من الخشب) الذي يحتوي على فراغ الشكل المطلوب للب وبعد ذلك ينقل اللب إلى أفران التجفيف بدرجة حرارة (200)°C ولأكثر من ساعة.

ومن الزيوت النباتية الأخرى التي تستخدم كمادة رابطة، زيت فول الصويا، وزيت بذور القطن حيث تتبلمر هذه الزيوت عند تحميصها.

- الزيت البترولي: يشمل المواد الرابطة مثل هلام البترول (الفازلين) المذاب في الكحول الابيض بنسبة 1:1 وهذه المادة تزيد من تلاصق خليط الرمل وتقلل من الصلادة السطحية للب وتطيل زمن الجفاف.

- الراتنجات (اللدائن): اللدائن هي مجموعة من المنتجات العضوية، وتمتاز بسهولة تشكيلها واختلاف خصائصها وهي مواد ذات بنية عالية الجزئية تتحول عند تسخينها إلى

الحالة اللدنة وتتصلب مرة أخرى عند تبريدها وتتخذ عند الضغط عليها الاشكال المطلوبة المراد تصنيعها، ومثل هذه المواد تمتاز بسرعة أنضجها كما أنها تكون رقيقة ومرنة وتسمى هذه المواد بالراتنجات وهي مواد لدنة بعد تسخينها تخلط مع الرمل بنسبة تصل إلى (2%) تقريبا وتترك لكي تجف وتتصلب وبعدها يرفع النموذج، والراتنج سهل الاستعمال وذو ليونة عالية ويستعمل لعمل الأجزاء الدقيقة، حيث تجفف القوالب بتركها في الهواء أو بإضافة مواد كيمياوية أو بواسطة الحرارة.

ومن أهم أنواعها:

- **راتنج الفوران:** وهو الفينول فورمالدهيد مع إضافة كحول الفورفيرل ويستعمل كثيراً في إنتاج لباب المسبوكات بالطريقة الآلية وهذه التقنية مستعملة في المسابك، وتزيد مكائن وآلات صنع اللباب من إنتاجية العمل وتجعله سهلا، وتنتج لباباً ذا جودة عالية.
- **اليوريا فورمالدهايد:** مادة تذوب جيداً في الماء وهذه المادة الرابطة من المواد السريعة وذاتية الجفاف ويجعل اللباب غير قابل لإمتصاص الماء لكنه سهل الانهيار.
- **الزفت (Asphalt):** ويستعمل أما وحده أو مخلوطاً بالدكسترين كرابط في اللباب الكبيرة الحجم ويصبح هذا النوع من الرابط جيد الاستعمال، لاسيما عند درجات الحرارة العالية وينصهر الزفت عند درجة حرارة (175)℃، ويتجمد تدريجياً مع الوقت. وكلما انخفضت درجة الحرارة ظهر تاثيره كرابط.
- **العسل الأسود (الدبس):** وهو لا يعد رابطاً أساساً غير أن استعماله في تغطية اللباب يجعل سطح اللباب أكثر صلادة.

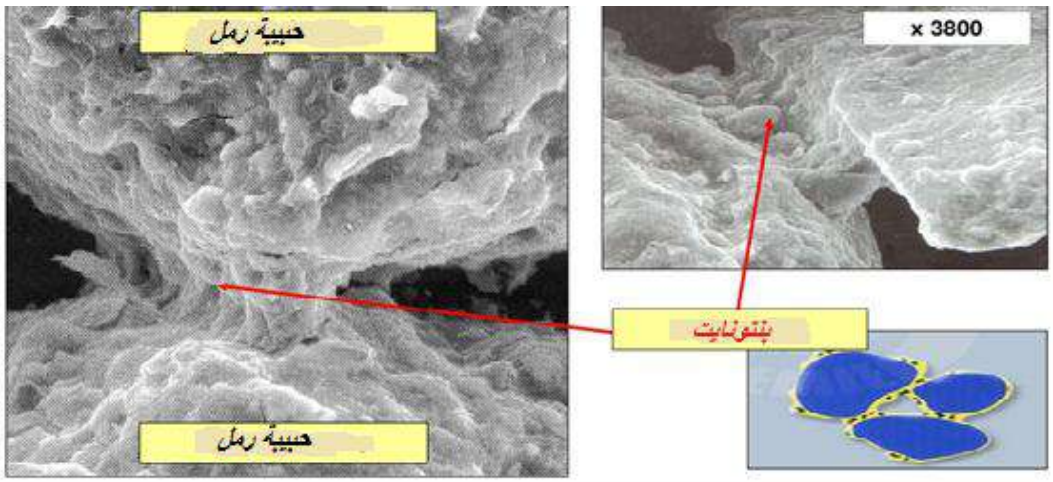
2-3-4 الروابط غير العضوية

تعد المواد الطينية من أهم المواد الرابطة غير العضوية التي تضاف إلى رمال القوالب واللباب، وأكثرها شيوعاً الطين، وهو عبارة عن أحجار تتكون من أجزاء ناعمة مكبوسة من سيليكات الالمنيوم المائية بعد خلطه بالرمل وكمية من الماء يؤدي إلى زيادة متانة الخليط فضلا عن ثبات الخواص الكيمياوية الحرارية ويزيد من سرعة جفاف القالب، ولهذا السبب فانه يصلح لإعداد رمال قوالب صب قوية يمكن نزعها من على سطح المسبوك بعد الصب بسهولة وإن من أهم أصناف الطين هما البنتونايت والكاؤولين.

- **البنتونايت ($Al_2O_3\ 4SiO_2\ H_2O.\ nH_2O$):**

يعد البنتونايت من المواد الطينية الأكثر استعمالاً في المسابك نظراً للخواص التي يتميز بها مثل النفاذية وشدة الربط والمتانة وهو على هيئة صخور.

إن التركيب البلوري للبنتونايت قابل للتمدد في إتجاه أحد محاوره، مما يساعد على إمتصاص مزيد من الماء، ومن ثم، فإنه يتوسع ويتمدد مما يزيد من قدرته على الربط كما مبين في الشكل (4-4) ويستعمل البنتونايت كمادة رابطة كونه مقاوماً للحرارة حيث تصل درجة انصهاره حتى ℃ (1300).



الشكل(4-4)مبدأ عمل البنتونايت عند خلطه بالرمل

- **الكاؤولين ($AL_2O_3\ 2SiO_2\ 2H_2O$):** وهو سليكات الألمنيوم المائية ذات درجة إنصهار تصل حتى ℃(1787).

- **السمنت (Cement):** يعد سمنت بورتلاند أحد المواد الرابطة التي تضاف إلى رمال السباكة وغالبا ما يستعمل في إنتاج القوالب الكبيرة الحجم أو في أرضية المسبك حيث تحاط هذه القوالب بإطار خشبي ومن مميزات هذه القوالب أنها لا تحتاج الى أفران تجفيف بل إنها تتصلد في درجة حرارة الغرفة والخليط المثالي لهذا النوع من القوالب الرملية هو:

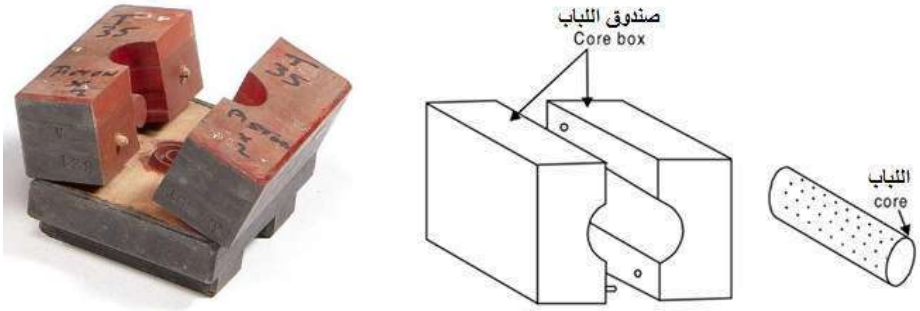
رمال سيليكا	83%
سمنت بورتلاند	11%
ماء	6 %

وهناك أنواع أخرى من الروابط غير العضوية مثل مسحوق السيليكا وأوكسيد الحديد والزجاج السائل (سيليكات الصوديوم) وتركيبها الكيمياوي ($NaO.nSiO_2$) التي تجفف بواسطة غاز ثاني أوكسيد الكاربون.

4-4 طرائق صناعة اللباب

من أهم الطرائق لصناعة اللباب هي:

1-4-4 الطريقة اليدوية: تستعمل هذه الطريقة عند تحضير اللباب الإسطوانية الشكل أو اللباب ذات المقاطع البيضوية وفيها تستعمل صناديق تسمى صندوق اللباب (Core Box) كما مبين في الشكل (4-5).



الشكل(4-5)صندوق اللباب

2-4-4 الطريقة الآلية: في الانتاج الكبير تتم عملية صناعة اللباب بطريقة آلية وهذه التقنية منتشرة حالياً حتى في المسابك التي تنتج أعداداً قليلة من المسبوكات وتزيد مكائن صنع اللباب وآلاته من إنتاجية العمل وتجعله أسهل وتنتج لباباً ذا جودة عالية.

5-4 تسليح اللباب

هي عملية وضع أسلاك من حديد الزهر أو الفولاذ وسط اللباب وذلك لتقويته لضمان عدم تهدمه أثناء الصب وتستعمل هذه الطريقة للباب معقد الشكل وكبير الحجم.

أما اللباب صغير الحجم فتستعمل لها خيوط من الشمع أو ألياف من الخيوط أو الحبال تذوب خلال عملية التحميص تاركة فراغاً للتنفيس.

6-4 تجفيف اللباب

يهدف تجفيف قوالب الصب ولباب المسبوكات الى زيادة صلادة الرمل وزيادة نفاذية اللباب للغازات ولتقليل قابلية الرمل على توليد الغازات وفي النهاية الى تحسين جودة المسبوكات.

وتتم عملية التجفيف بوسائل عدة، هي:

1- التجفيف بالمشعل اليدوي الذي يعمل بالوقود الغازي: وتستعمل هذه الطريقة للقوالب الرملية واللباب الصغيرة.

2- الحجم أو للمقالبة في أرضية المسبك، وهي طريقة سهلة الاستعمال إلا أن التجفيف يكون رديئاً لعدم تجانسه في جميع أجزاء القالب، كما مبين في الشكل (4-6).

الشكل(4-6)طريقة التجفيف اليدوي باستخدام المشعل الغازي

3- التجفيف بأفران ثابتة أو متنقلة: تستعمل الأفران الثابتة الحديثة التي تعمل بالكهرباء أو الغاز لتجفيف القوالب الرملية واللباب التي يمكن نقلها إلى الفرن والشكل (4-7) يبين نوعا من أفران التجفيف التي تعمل بالوقود الغازي.

أما الشكل (4-8)، فيمثل فرن تجفيف يعمل بالكهرباء حيث يتولد هواء ساخن داخل الفرن بواسطة منفاخ هواء يمر بالملفات الكهربائية (مصدر الطاقة الحرارية) فيصبح جو الفرن ساخناً وكافياً لعملية التجفيف حسب حجم القالب أواللباب وسمك كل واحد منهما، ويوجد في هذه الأفران مقياس يحدد درجة حرارة التجفيف المطلوبة.

الشكل(4-7)فرن تجفيف يعمل بالغاز

الشكل(4-8)فرن التجفيف الثابت الكهربائي

تصنف عملية التجفيف حسب الحالة الى ثلاث مراحل:

المرحلة الاولى: يتم فيها تسخين كتلة الرمل بأكملها ونظرا لأن الرمال الرطبة لها معامل توصيل حراري أعلى من الرمال الجافة فإنه من الضروري الحفاظ قدر المستطاع على الرطوبة داخل اللباب في هذه المرحلة وعدم السماح لها بالتبخر سريعاً.

يجب رفع درجة حرارة فرن التجفيف تدريجيا، لأن الرطوبة الموجودة في جو الفرن ودرجة حرارة التسخين المعتدلة تقللان من تبخر الرطوبة من سطح القالب وتساعدان على تسخينه تسخينا منتظماً.

المرحلة الثانية: وفيها يتم رفع درجة الحرارة بسرعة إلى أقصى درجة والإبقاء على اللباب عند هذه الدرجة لمدة من الزمن، وإن الزيادة الحادة في درجة حرارة الفرن في هذه المرحلة تساعد على تبخر الرطوبة وتساعد على سريان الرطوبة من الداخل الى السطح لذلك يجب إتخاذ الاحتياطات لسحب الغازات والأبخرة وتزويد الفرن بتيار جاف من غازات الأفران.

المرحلة الثالثة: يتم فيها تبريد اللباب لدرجة حرارة ملائمة لإخراجها من فرن التجفيف، ويجف اللباب في هذه المرحلة على حساب الحرارة المخزونة فيها.

تعتمد مدة التجفيف على عوامل عديدة مثل درجة حرارة التجفيف ووزن اللباب وحجمه وظروف انتقال الحرارة، لذلك فإن زمن التجفيف في هذه المرحلة يعتمد على هذه العوامل فأحياناً تجف في بضع دقائق وأحياناً اخرى لساعات ويتطلب التجفيف الجيد أن ترتفع درجة حرارة الفرن تدريجياً الى أقصى درجة مسموح بها، وأن الاختلافات في درجة الحرارة في أجزاء فرن التجفيف المختلفة يجب أن لا تتجاوز °C(10-15).

وخلال تحميص لباب المسبوكات ذات الروابط الزيتية فإن اللباب يتأكسد وتترابط جزيئاته الصغيرة بعضها ببعض (تتبلمر) مع فقدان الرطوبة، إذ أن عملية الأكسدة تسبب تحطم ترابط ذرات الكاربون الذي يدخل في تركيب الزيت، والاتحاد مع ذرات الاوكسجين، ويعمل التبلمرعلى زيادة حجم الجزيئات مما يسبب تحول الزيت إلى سائل ثقيل لزج يقوم بتغليف حبيبات الرمل ويربطها جيداً مع بعضها، علماً أن الزيت يبدأ بالتأكسد عند درجة حرارة °C(110-140).

أما اللباب ذو الروابط الراتنجية الصناعية فإنه يتصلد بالحرارة وبتبخر الرطوبة يصبح غير قابل للذوبان في الماء وغير قابل للانصهار وتولد بعد تصلده أغشية قوية على حبيبات الرمل لذلك فانه بصورة عامة ذو قابلية قليلة على امتصاص الرطوبة.

تصليد اللباب بطريقة CO_2:

في هذه الطريقة يخلط الرمل بمادة سائلة هي الزجاج السائل (سيليكات الصوديوم $(NaO.nSiO_2)$)، وبعد وضع هذا الخليط في صندوق اللب يمرر غاز ثاني أوكسيد الكاربون في الخليط، فيذوب في الماء مكوناً حامض الكاربونيك الذي يتفاعل مع سيليكات الصوديوم ويكون سيليكا جل (مادة جلاتينية)، تعمل كرابط قوي بين حبيبات الرمل، ويفضل إضافة (1%) من البنتونايت على خلطة الرمل لتسهيل عملية تكسير اللباب من المسبوكة.

إن اللباب المصنعة من الزجاج السائل تجفف عند درجة حرارة ℃(200 – 250) وتتمتع بصلادة أكثر من تلك التي تصنع بطريقة ثاني أوكسيد الكاربون.

4-7 تنظيف اللباب وفحصه

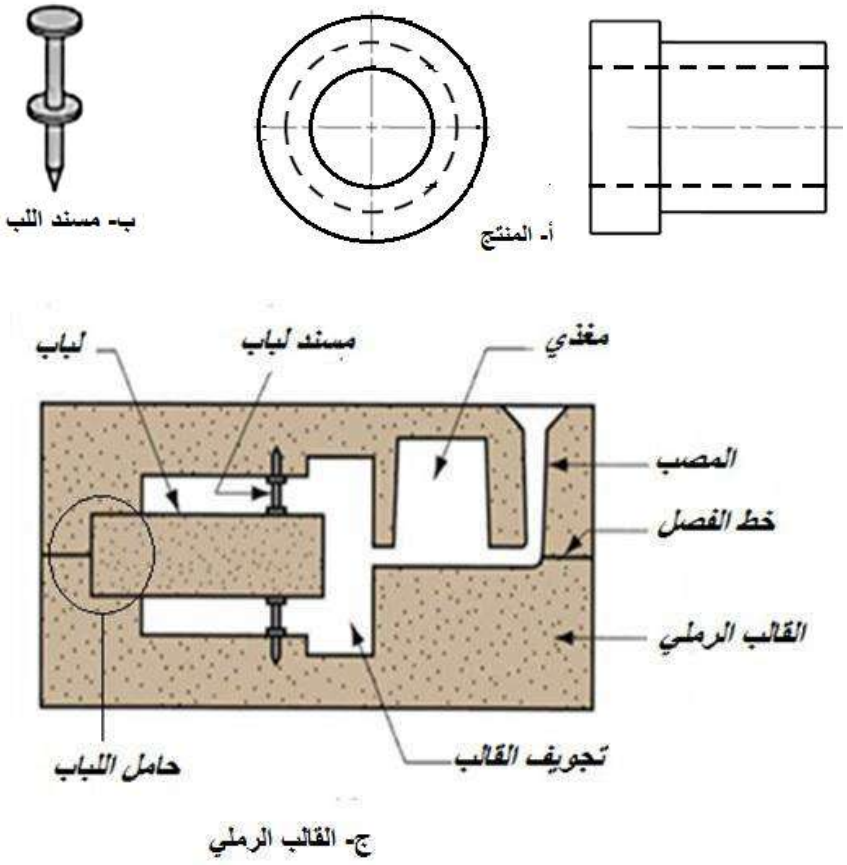
بعد تجفيف اللباب وتصليده وقبل نقله إلى المخزن تجري عملية فحص اللباب وتنظيفه من العيوب البسيطة ليصبح جاهزا للاستعمال، ومن هذه العمليات إزالة الزوائد والزعانف حيث تزال أما بحجر التجليخ أو بواسطة المبرد أو ورق التنعيم أما في اللباب الكبيرة الحجم فتتم هذه العملية في مكائن تجليخ دوارة حيث تثبت اللباب في مثبتات خاصة.

وفي بعض الأحيان نجد أن اللباب يتكون من عدة أجزاء مما يتطلب إجراء عملية التجميع للب قبل وضعه داخل فراغ القالب وتتم عملية التجميع هذه بواسطة استخدام صمغ نشوي (الدكسترين) أو المولاس أو مع مسحوق السيليكا مع الماء بجانب بعض الاضافات الأخرى حيث توضع هذه المواد على سطوح أو جوانب اللباب بإجراء عملية ربطها وفي حالة اللباب الكبيرة ويستخدم مسامير في عملية الربط وبعد الانتهاء من عملية التجميع يفحص اللباب بصورة نهائية قبل وضعه داخل فراغ القالب.

4-8 حوامل اللباب ومسانده Chaplets

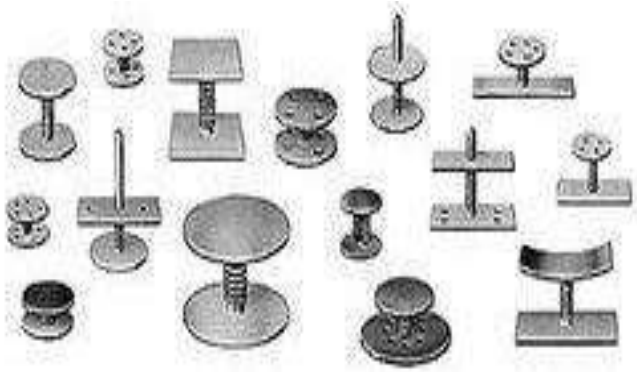
وهي عبارة عن أجزاء من المعدن يرتكز عليها اللباب داخل تجويف القالب وتستعمل هذه الأجزاء لتحديد سمك المعدن المراد سبكه، فمثلا عند سباكة أنبوب طويل يثبت اللباب في مكانه وتوضع ركائز اللباب في أكثر من مكان على مسافات محددة، لضمان عدم إنحناء اللباب، فيكون سمك المنتج متساويا من كل الجهات.

يتعرض اللباب لقوة دفع إلى الأعلى نتيجة الضغط المتولد من جريان المعدن المنصهرأثناء الصب لذلك يجب وضع الركائز والحوامل من الأعلى ومن الأسفل، كما مبين في الشكل (4-9).



الشكل(4-9)حوامل اللباب ومسانده

من الضروري أن تصنع ركائز اللباب ومسانده من نفس مادة المعدن المراد سبكه أي عند سبك مسبوكة من النحاس يستعمل حامل لباب من النحاس أيضا لأنه عند صب المعدن فإن حوامل اللباب تحاط بالمعدن المنصهر وتبقى مع المسبوكة ومن أجل ذلك يجب أن يكون الالتصاق بينهما التصاقا كاملا، ويفضل عدم دهان المساند بالزيت حتى لا تتولد أثناء الصب غازات تسبب عيوباً في المسبوكات. وتصنع الحوامل والمساند على أشكال ومقاسات مختلفة طبقا لسطح التجويف كما مبين في الشكل (4-10).



الشكل(4-10)أشكال مختلفة لمساند اللباب

9-4 أنواع اللباب

تعتمد دقة أبعاد المسبوك اعتماداً كبيراً على دقة مواضع (تثبيت) اللباب في مكانه أثناء تجميع القالب الرملي، حيث أن تحديد وضع اللباب في قالب الصب يتم في مرحلة إعداد الرسومات، ويقوم المصمم بتحديد الحدود بين اللباب الرئيسة، وعدد اللباب المطلوبة، والغرض من كل واحد منهم، وكذلك ظروف تصنيع كل لباب وطريقته، ويختار نوع الرمل وتركيبه وظروف التجفيف.

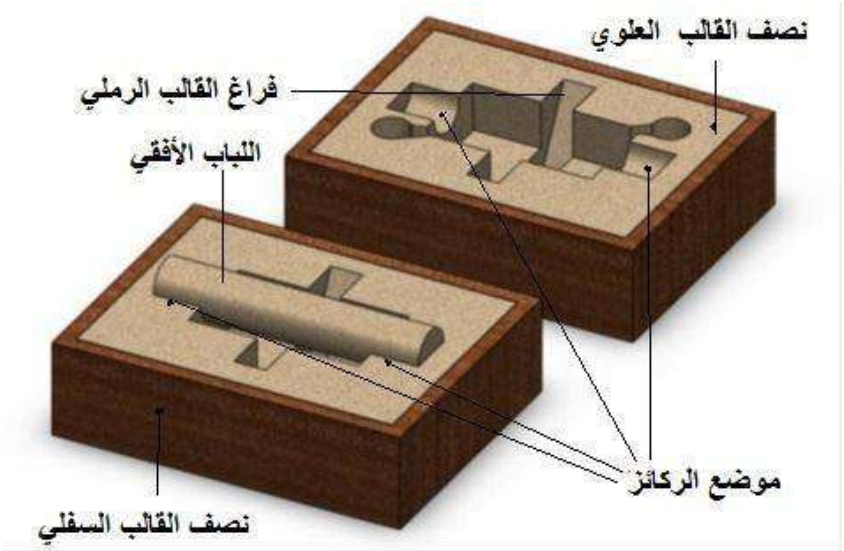
ويمكن تقسيم اللباب من حيث نوعية الرمل المستخدم في صنعها الى الآتي:

1. لباب رمل أخضر وهذه تصنع من الرمل الطري الأخضر ذي المقاومة المنخفضة نسبيا Green Sand Cores.
2. لباب رمل جاف تصنع من رمل مضاف إليه مواد رابطة خاصة تعطي اللباب المقاومة العالية Dry Sand Cores .

كما يمكن تقسم اللباب في عمليات السباكة حسب وضعها في فراغ القالب الرملي إلى:

أ- اللباب الأفقي (Horizontal Core)

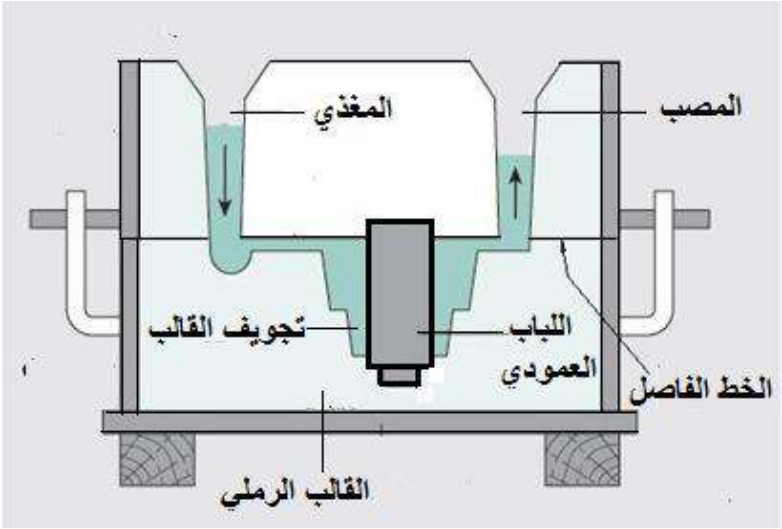
وهو اللباب الذي يوضع بصورة أفقية للخط الفاصل للقالب، يحتوي اللباب الأفقي على ركائز من الجانبين الأيمن والأيسر تساعد على تثبيته في مكانه داخل تجويف القالب كما مبين في الشكل (4-11)، ويعتمد طول ريكزة اللباب الأفقية على طريقة تشكيل اللباب حيث تكون كبيرة للباب المصنوع من الرمل الطري الأخضر، وتخفض هذه القيمة قليلاً للباب المصنوع من الرمال الجافة.



الشكل(4-11)اللباب الأفقي

ب- اللباب العمودي (Vertical Core)

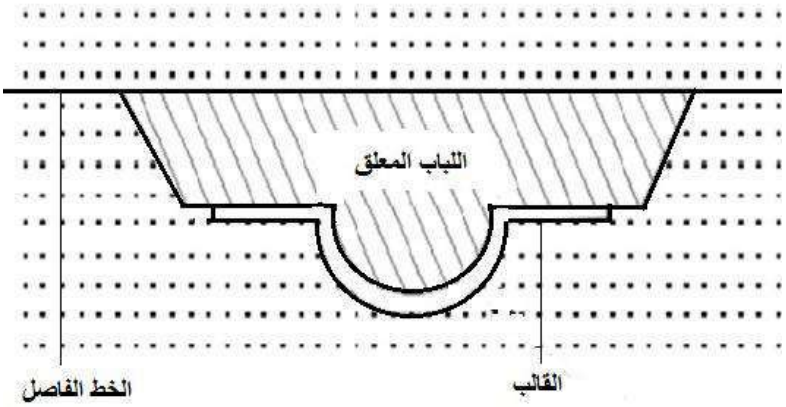
وفيه يكون اللباب عموديا على الخط الفاصل للقالب، ويمثل اللباب العمودي التجويف الداخلي للقطعة المراد سباكتها، مضافا إليها ركائز تساعد على تثبيته في مكانه داخل تجويف القالب، ويحتوي اللباب العمودي على ركيزة الى الأسفل تسند داخل نصف القالب السفلي وركيزة في الأعلى تستند داخل نصف القالب العلوي كما مبين في الشكل (4-12)، لذلك فإن شكل النموذج يكون مماثلا لشكل القطعة المراد سباكتها مضافا إليها اللباب وركائزه.



الشكل(4-12) اللباب العمودي

ج- اللباب المعلق (Hanging Core)

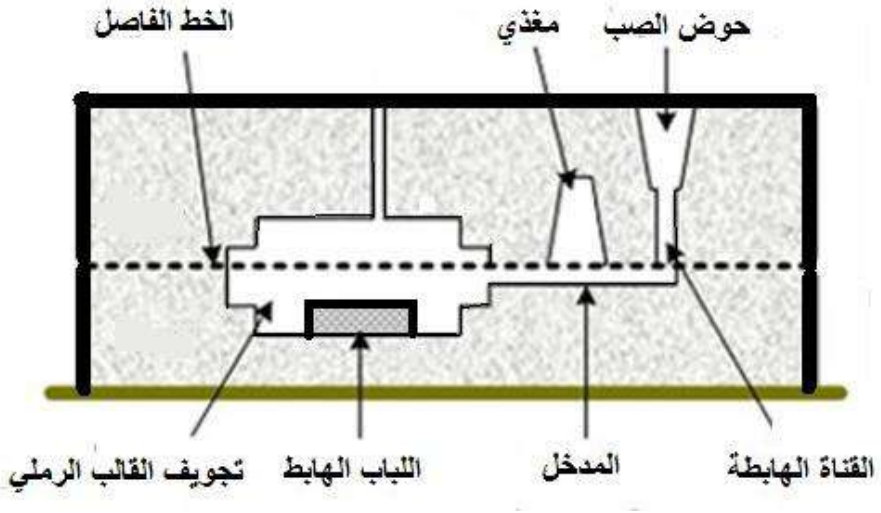
وفيه يكون اللباب معلق داخل النصف السفلي للقالب بواسطة ركائز من الجانبين الأيمن والأيسر تساعد على تثبيته في مكانه داخل تجويف القالب للحصول على التجويف في القطعة المراد سباكتها كما مبين في الشكل (4-13).



الشكل(4-13)اللباب المعلق

د- اللباب الهابط (Drop Core)

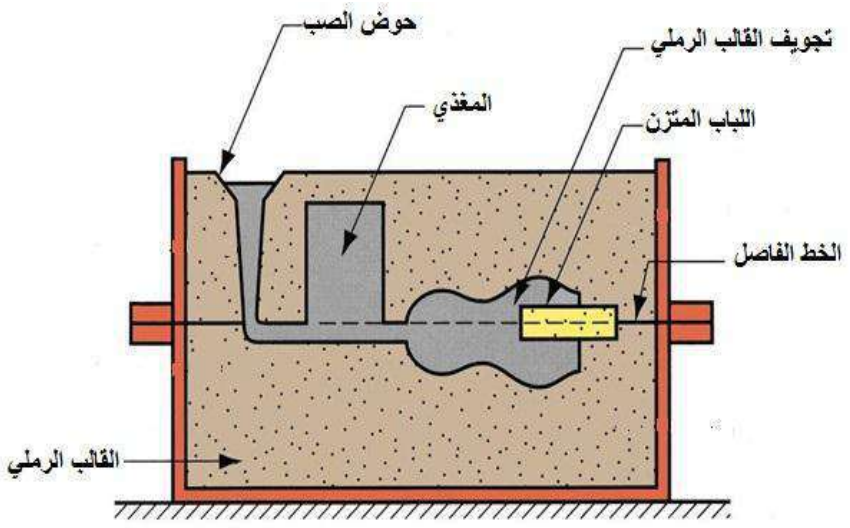
وهو اللباب الذي يوضع على سطح تجويف القالب للحصول على الفراغ الخارجي للقطعة المراد سباكتها، كما مبين في الشكل (4-14)، ويستعمل اللباب المصنوع من الرمال الجافة لهذا الغرض، لكي يتحمل النقل ووضعه داخل القالب الرملي ويقاوم جريان المعدن المنصهر.



الشكل (4-14) اللباب الهابط

هـ - اللباب المتزن (Balanced Core)

وهو اللباب الذي يوضع بصورة أفقية للخط الفاصل للقالب، يحتوي اللباب المتزن على ركيزة واحدة تساعد على تثبيته في مكانه داخل تجويف القالب من طرف واحد والطرف الثاني للباب يكون عائماً داخل تجويف القالب للحصول على تجويف داخل القطعة المراد سباكتها، كما مبين في الشكل (4-15). ويستعمل اللباب المصنوع من الرمال الجافة لانه يمتاز بالصلابة والصلادة ومقاومة جريان المعدن المنصهر.



الشكل(4-15)اللباب المتزن

اسئلة الفصل الرابع

س 1: املأ العبارات الآتية:

1. تستعمل اللباب ..... الداخلية في المسبوكات التي يصعب تكوينها بالنموذج.
2. تعد المواد الطينية من أهم المواد الرابطة ..... التي تضاف الى رمال القوالب واللباب.
3. إن وظيفة المواد الرابطة هي ربط ..... مع بعضها وزيادة المتانة سواء للرمل الرطب أو للرمل الجاف.
4. تسليح اللباب هي عملية وضع ..... وسط اللب وذلك لتقويته لضمان عدم تهدمه أثناء الصب .
5. حوامل اللباب ومسانده هي عبارة عن أجزاء من المعدن يرتكز عليها ..... داخل تجويف القالب.

س 2: أختر الإجابة الصحيحة :

1- يتوقف نوع اللباب المطلوب في إنتاج المسبوكات على عوامل عدة وبخاصة عند عمليات الإنتاج وكما يأتي:

أ- تصميم المسبوكة. ب- المغذيات الجانبية.

ج- نوع وعاء الصب وحجمه. د- عدد اللباب المطلوب للمسبوكة ونوعه.

2- من أهم الطرائق لصناعة اللباب هي:

أ- الطريقة اليدوية. ب- الطريقة الأفقية.

ج- الطريقة الآلية. د- الطريقة الرأسية.

3. يمكن تقسيم اللباب من حيث نوعية الرمل المستخدم في صنعها إلى:

أ- لباب رمل أخضر Green Sand Cores. ب- لباب رمل جاف Dry Sand Cores.

ج- لباب مجففة. د- لباب ذو مسند.

4. يهدف تجفيف قوالب الصب ولباب المسبوكات الى زيادة صلادة الرمل وزيادة نفاذية اللباب للغازات وتتم عملية التجفيف بوسائل عدة هي:

أ- التجفيف بالمشعل اليدوي الذي يعمل بالوقود الغازي.

ب- التجفيف بالفرن الثابت أو المتنقل.

ج- التجفيف بوضعه تحت أشعة الشمس.

د- التجفيف باستعمال تيار من الهواء.

س 3:علل مايأتي :

1- عند عمل اللباب يجب مراعاة شكل حبيبات الرمل المستخدمة وحجمها ونوع المادة الرابطة.

2- يعتمد طول ركيزة اللباب الأفقية على طريقة تشكيل اللباب.

3- استعمال المواد الرابطة في صناعة القوالب الرملية أو صناعة اللباب.

4- من الضروري أن تصنع ركائز اللباب ومسانده من نفس مادة المعدن المراد سبكه.

5- بعد تجفيف اللباب وتصليده وقبل نقله إلى المخزن تجري عملية فحص اللباب.

س4: عدد الخصائص الواجب توافرها في المواد الرابطة.

س5: عدد المواد الرابطة العضوية.

س6: ما الفرق بين المواد الرابطة التي تجف بالهواء والمواد الرابطة التي تتصلد كيمياوياً؟

س7: اشرح طريقة صناعة اللباب يدويا؟

س8: أجب بكلمة (صح) أو (خطأ) على العبارات الآتية وصحح الخطأ إن وجد.

1- عند عمل لباب ذو نفاذية جيدة تستعمل حبيبات رمل صغيرة الحجم.

2- يعد البنتونايت من الروابط العضوية.

3- يجفف الزجاج السائل بواسطة المشعل الذي يعمل بالوقود الغازي.

4- اللباب المنتج بالطريقة الآلية يكون ذا جودة عالية.

5- من الضروري أن تصنع مساند اللباب من معدن مختلف عن المعدن المراد سبكه.

6- تمتاز اللباب بالصلابة والصلادة والمقاومة العالية للحرارة لكي يتحمل النقل ووضعه داخل القالب الرملي.

س9: عدد المواد الرابطة غير العضوية.

س10: اكتب تقريراً مختصراً يتضمن طرائق تجفيف اللباب وتنظيفه وفحصه.

الفصل الخامس

تهذيب وتنظيف وفحص المسبوكات

Trimming,Cleaning,and Inspection of Castings

أهداف الفصل:

بعد إكمال الفصل يكون الطالب قادراً على أن :

1. يفهم العمليات الأساسية في تنظيف المسبوكات وصقلها.
2. يتعرف على طرائق إزالة المصبات والمصاعد والمغذيات.
3. يميز طرائق القطع بالماكنات.
4. يتعرف على طرائق تنظيف المسبوكات باستخدام البراميل الدوارة.
5. يتعرف على ماكنة السفح بالشظايا.
6. يفهم طريقة الرش بالرمل والمجروش المعدني لتنظيف المسبوكات.
7. يتعرف على طرائق فحص المسبوكات بعد عمليات التنظيف باستخدام أحدى وسائل الكشف عن العيوب.

1-5 تمهيد

تنقل المسبوكات إلى قسم التهذيب والإعداد، وذلك لإجراء عمليات التشطيب عليها مثل التنظيف، والقطع، وإزالة الزوائد، وتجري هذه العمليات بخطوات تقنية محددة تعتمد على خصائص المسبوكات وشكلها، مثل التركيب الكيميائي، الوزن، سمك الجدران، وخصائص المعدن، والمتطلبات المحددة للمسبوك. قبل عملية تنظيف المسبوكات تفحص المسبوكات للتأكد من خلوها

من العيوب الظاهرة من عدم اكتمال المسبوك، تهدم في القالب، وغيرها. وتوضع المسبوكات المعيبة جانبا بحيث لا تجري عليها عمليات تهذيب وتنظيف كما موضح في الشكل (5-1).

الشكل(5-1)مسبوك غير مكتمل

2-5 عملية التهذيب تشمل العمليات الآتية:

1) إزالة اللباب.
2) إزالة المصبات والمصاعد.
3) التخلص من الرمل الملتصق بالمسبوك.
4) التخلص من الزوائد المعدنية والقشور الناتجة من المعالجة الحرارية.
5) طلاء المسبوكات (في حالة طلب ذلك).
6) الفحص بعد التنظيف والتشغيل.

1-2-5 إزالة اللباب

تعتمد عملية إزالة اللباب من المسبوكات المتجمدة لدرجة كبيرة عل صلابة رمل اللباب وشكل الفراغ الداخلي للمسبوك، وحالة الإجهادات في القلب الموجود بالمسبوك.

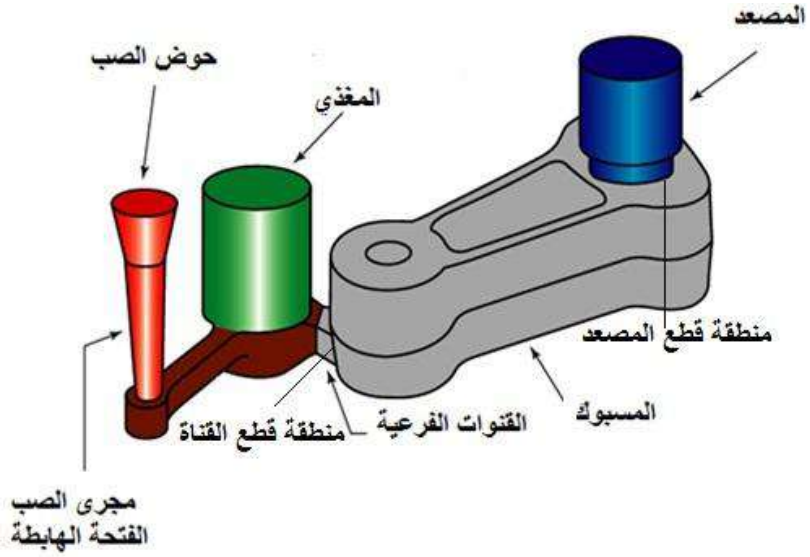
اللباب المنتجة من خليط من الرمل مع روابط عضوية (زيوت، بدائل للزيوت، أو راتنجات صناعية) لها صلابة منخفضة وسهلة الإزالة. في الكثير من الحالات، اللباب (خاصة ذات الأشكال البسيطة) تزال من المسبوكات عند تكسير

القوالب وأثناء تنظيف المسبوكات في حالة تنظيفها بالعصف (السفح). اللباب الكبيرة نسبيا حتى المصنعة من رمل وراتنجات صناعية فإنها تزال على آلات التكسير. وتظهر صعوبة في عملية تكسير اللباب المصنعة من الرمل مع الزجاج المنصهر كمادة رابطة، أو الخلائط السائلة ذاتية التجمد، أو الخلائط اللدنة الذاتية التجمد، أو الرمل الطفيلي، فإنها تظهر صعوبة في عملية تكسيرها أكثر من تلك في حالة الرمل المستخدم مع مواد رابطة عضوية. ويوجد العديد من الآلات التي تستخدم في عملية إزالة لباب المسبوكات مثل آلات إزالة اللباب الاهتزازية، التي تعمل بنظام أهتزاز يعمل بضغط الهواء حيث يقوم بعمل أهتزاز للمسبوك ومن ثم تكسير اللباب الداخلي له حيث ينكسر لقطع صغيرة تتساقط من الفراغ الداخلي للمسبوك.

إن اللباب المصنوعة من الرمل الطفيلي، الرمل مع الزجاج المنصهر والخلائط السائلة أو اللدنة الذاتية الانجماد، صعبة الإزالة باستخدام مثل تلك الآلات. تكون النظم التي تعتمد على السفح بالماء مناسبة أكثر لهذا الغرض وتستخدم بكثرة وبخاصة لإزالة لباب المسبوكات الكبيرة. ويستخدم تيار من الماء يندفع تحت تأثير ضغط 9.8 MPa ألى 19.6 ، حيث يقوم بتكسير اللباب لقطع صغيرة وفي نفس الوقت تنظيف سطح المسبوك.

2-2-5 إزالة المصبات والمصاعد

تشـمل عملية إزالة المصبات والمصاعد جميع العمليات التي تسـتعمل في قـطع الأجـزاء الزائدة من المسبوكة التي تكونت بسبب تصاميم فتحات الصب والتغذية، والشكل (2-5) يوضـح المصبات والمصاعد.



الشكل(2-5)المصبات والمصاعد

1. إزالة المصبات والمصاعد بواسطة مناشير دائرية أو شريطية أوعلى مكابس تقطيع، ويستخدم النشر لقطع المصبات والمصاعد وتشكيل شقوق ومجارٍ في المصبوبة.
2. إزالة المصبات والمصاعد بالطرائق الكهربائية، وتستخدم آلة تشغيل إلكتروليتية، يوصل المسبوك بالقطب الموجب وأداة القطع بالقطب السالب لدائرة كهربائية تعمل بالتيار المستمر. ويسلط على منطقة التشغيل محلول مائي من الزجاج السائل ذي كثافة ($1.30-1.27gm/cm^3$). وتستخدم أداة قطع عل هيئة قرص، وعندما تبدأ أداة القطع في الدوران يضبط مقدار التغذية لها، فتبدأ عملية القطع. في المناطق التي تلامس فيها أداة القطع المسبوك، وتنصهر الأجزاء البارزة، وتقوم أداة القطع القرصية بحملها بعيدا على هيئة قطع صغيرة. تعطي طريقة القطع الكهربائية تلك عمق قطع ذا عرض ضيق، وسطحا ناعماً، وتؤمن فقداً أقل من المعدن، وهي ذات كفاءة تشغيل عالية.
3. إزالة المصبات والمصاعد بواسطة أقراص ذات حبيبات حاكة (أقراص التجليخ)، وتعتبر هذه الطريقة ذات كفاءة عالية لقطع المصبات والمصاعد بحيث إنها توفر قطعاً نظيفاً وبضوضاء منخفضة أثناء التشغيل. ولكن لمثل هذه الطريقة تطبيقات محدودة بحيث أنها تسبب الكثير من الغبار الذي يتطاير في الهواء، وتحتاج إلى العديد من الأقراص القاطعة، وتواجهها صعوبات في حالة استخدامها في تجليخ المسبوكات الكبيرة.
4. إزالة المصبات والمصاعد بواسطة اللهب ويستخدم الإستيلين، الكازولين، الكيروسين، ونادراً الهيدروجين للاشتعال في تيار من الأوكسجين. ويعمل اللهب على تسخين المعدن وصهره في منطقة القطع، ومن ثم يستخدم لإزالة المصبات والمصاعد.
5. القطع بالقوس الكهربائي ويوفر أفضل طريقة لإزالة المصبات وأعمدة التغذية من الصلب عالي المقاومة والصلب المقاوم للأحماض، الذي يكون غير مستجيب لعمليات القطع باللهب الناتج عن حرق الغازات. يكون سطح القطع خشناً ويحتاج إلى عمليات معالجة أضافية.

3-2-5 إزالة الرمل المحترق والقشورالملتصقة بالمسبوك

وتستخدام البراميل الدوارة أو ماكنات العصف لإزالة مواد القالب المتبقية وتنظيف أسطح المسبوكات الخارجية والداخلية.

البرميل الدوار:

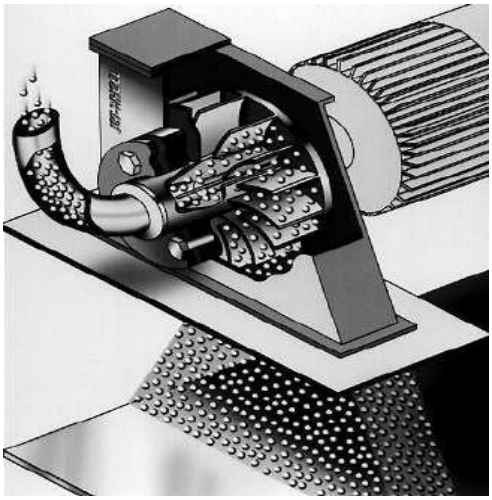
يتكون برميل التقليب من غلاف من الفولاذ مقفل عند نهايته بغطائين من حديد الزهر ومحمول على محورين أفقيين وتشحن المسبوكات خلال باب يمتد بطول البرميل، وتشحن المسبوكات بالرص بطريقة محكمة بالقدر الذي يمنع الحركة من القطع المتجاورة عند إدارة البرميل. ولكي نمنع أي كسر يجب ألا تشحن المسبوكات الكبيرة مع المسبوكات الخفيفة والهشة. وقد تضاف المسبوكات الصغيرة غير الهشة وقطع الحديد أو مسبوكات صغيرة بشكل نجم تسمى (نجوم الطحن) إلى الشحنة لتساعد على التنظيف والتلميع ويجب مراعاة أن التقليب الزائد قد يؤدي إلى زيادة الاحتكاك وتشويه المسبوكة (حواف المسبوكة) وتستخدم ايضآ طريقة (البرملة) لإزالة الخشونة وصقل مسبوكات النحاس ويمكن تنظيف المسبوكات بإستعمال الماء والمنظفات المخلوطة بالرمل والحجر الخفاف في براميل التقليب. وتدار براميل التقليب بمعدلات تتفاوت من 20 إلى 50 دورة في الدقيقة ويتوقف ذلك على نوع المسبوك، ويدير ترس صغير المقلب بواسطة ترس من حديد الزهر مركب على رأس إدارة المقلب. وتكون الإدارة مباشرة بالمحرك الكهربائي وبالسير. وتختلف سعة البرميل من250L الى3700L. والشكل (3-5) يبين البراميل الدوارة المستخدمة في تنظيف المسبوكات.

الشكل(3-5)برميل التقليب الدوار

4-2-5 طريقة العصف (السفح)

تعد طريقة العصف لسطوح المسبوكات أسرع طريقة لإزالة الرمل والقشور والمواد المستخدمة هي الرمل الخشن أو الشظايا المعدنية كمادة مزيلة والهواء كوسيلة للعصف. والشكل (4-5) يبين مواد معدنية مستخدمة بطريقة العصف، عند العصف بالهواء يجب ان تتم في غرفة مزودة بالوسائل اللازمة لتناول الاتربة الناتجة من تفتيت الرمل ويمكن أن يقذف الحصى أو الكريات المعدنية بطريقة لا يستخدم فيها الهواء فتقذف الأجسام المعدنية بتأثير قوة الطرد المركزي. والشكل (5-5) يبين قذف الكريات المعدنية بدون استخدام الهواء.

الشكل(5-4) المواد المعدنية المستخدمة بطريقة القذف



الشكل(5-5) قذف الكريات المعدنية بدون أستخدام الهواء

5-2-4-1 ماكنة العصف بالكريات المعدنية أو الزجاجية Shot Blast.

تتكون من كابينة من الفولاذ لها باب توجد فية فتحتان تثبت بهما أسطوانتان من المطاط (لتقليب المسبوكات باليد) كما توجد بالباب نافذة زجاجية غير قابلة للكسر لمتابعة عملية التنظيف ويتصل بالسطح العلوي للكابينة ماسورة واسعة متصلة بوحدة لسحب الأتربة (مجمع الأتربة). وللكابينة مائدة ثابتة فيها ثقوب (صغيرة) توضع المصبوبات فوقها ويتصل بأسفل الكابينة من تحت المائدة خزان صغير (مجمع للشظايا) يتصل بمواسير تحمل المضغوط الذي يصل من ضاغط الهواء، وتوجد بأحد جوانب الكابينة فتحة دائرية يمر منها خرطوم مطاطي إلى داخل الكابينة مستواه أعلى من مستوى المائدة المثقبة والطرف الثاني للخرطوم متصل بأسفل مجمع الشظايا. والشكل (5-6) يبين ماكنة العصف بالشظايا.

الشكل(5-6) ماكينة العصف بالشظايا

طريقة عمل الماكنة:

1- توضع المسبوكات على مائدة مثقبة وتغلق الباب.

2- تشغل وحدة سحب الأتربة الملحقة بالكابينة.

3- يشغل ضاغط الهواء ويفتح صمام الخزان الخاص به.

4- يضغط على يد التشغيل المتصلة بأسفل وحدة القذف للسماح بمرور الهواء حاملاً معه الشظايا.

5- تمر الشظايا بقوة ضغط الهواء من خلال الجزء الأسفل بمجمع الشظايا مارة إلى أعلى خلال الأنبوب المطاطي (الخرطوم) إلى الكابينة ويقذف المسبوكات بالشظايا ويدفعه الهواء المضغوط مرة ثانية إلى أعلى خلال الخرطوم. اما الأتربة فإنها تسحب إلى وحدة تجميع الأتربة.

2-4-2-5 ماكنة العصف بالرمل Sand Blast

تتكون الماكنة من طاولة دوارة للتنظيف وهي عبارة عن طاولة شبكية من الفولاذ توضع المسبوكات فوقها وتوجد ماسورة فوق هذه المائدة التي يندفع منها الرمل تحت ضغط الهواء، ويوجد تصميم تكون فيه نصف المائدة داخل الغرفة والنصف الآخر خارجها ويفصلهم فاصل مطاطي لمنع انتشار الرمل إلى الخارج. وبعد سقوط الرمل من خلال ثقوب المائدة يعاد رفعه بأستخدام رافعه، وثم يمر الرمل داخل المنخل في أعلى كابينة التنظيف ومنه إلى صندوق الصرف ثم إلى فوهة التصريف وهنالك تصميم تكون فيه المائدة الشبكية داخل الغرفة بالكامل وليس إلى منتصفها وهو أكثر استخداما في الوقت الحاضر. والشكل (5-7) يبين ماكنة العصف بالرمل.

الشكل(5-7)ماكنة السفح بالرمل

3-4-2-5 الرش بالرمل والمواد الحاكة المعدنية

يتكون مسدس رشاش الرمل والرشاش المعدني الموضح في الشكل (5-8)، من فوهة هواء يخرج منها تيار هواء بسرعة عالية ويمر خلال غرفة خلط مباشرة إلى فوهة تصريف.

وينشأ عن ذلك تفريغ في غرفة الخلط، التي تسحب الرمل، أو حبيبات المعدن إلى أعلى خلال خط الإمداد. ويحيط بمسدس الرش دولاب لتجنب بعثرة الرمل والتراب في جميع الاتجاهات.

ويقوم العامل في حالة الدولاب الصغير باستعمال المسدس، وذلك عن طريق فتحتين ثبتت بهما أسطوانتان من المطاط وتقعان في مقدمة الدولاب. ويضاء داخل الدولاب بكفاية حتى يتمكن العامل من ملاحظة الشغل خلال شباك يقع أمامه. ويتحكم في مسدس الرش للدواليب الكبيرة مكيانيكيا.

يلبس العامل في غرف الرش بالرمل خوذة ذات ضغط إيجابى يوصل إليها الهواء النقى من الخارج يوضح الشكل (5-9) ملابس الوقاية. ويوضح الشكل (5-10) دولاب رش الرمل برفع الباب الأمامي، حتى يمكن وضع المسبوك فيه لينظف، ويخفض الباب عندئذ ويستطيع العامل ان يصل بيديه من الفتحتين ذواتي الأسطوانتين المطاطيتين ليستعمل فوهة الرش. ولكي يفتح العامل رشاش الرمل يضغط العامل بقدمه على ذراع. ويسحب التراب خارج الدولاب ويمر خلال جامع التراب. وتسقط حبيبات الرمل الثقيلة أو المجروش المعدنى خلال شبكة ويتجمع في القاع على شكل هرم. ويسحب التخلخل في المسدس الحبيبات خلال خرطوم لأعادة استعمالها. ويناسب الرش بالرمل كثيرا المسبوكات التى هي إما أن تكون هشة كثيرا، وإما أن تكون كبيرة جدا لتقلب. وتنظف المسبوكات الكبيرة بواسطة ماكنات رش كبيرة تحمل المصبوبات على سير نقال والموضحة في الشكل (5-11). وتوضع المسبوكات في أنواع أخرى من الماكنات على حوامل تدور عبر مجموعة من فوهات الرش موضوعة في مواضع مختلفة لتنظيف المسبوكات من جيمع جوانبها كما موضح في الشكل (5-12).

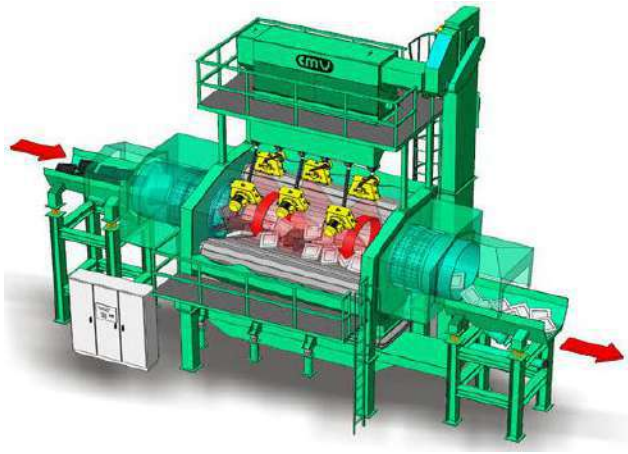
وتقوم تلك العملية بتنظيف الأجزاء العميقة ذات التفاصيل الدقيقة للمسبوكات المتوسطة والكبيرة الحجم بكفاءة عالية.

وتعتمد كفاءة هذه الطريقة على الأمور الآتية:

1. ضغط الهواء وقطر الفتحة التي يخرج منها الهواء.
2. المسافة بين فتحة خروج الهواء والمسبوك وتتراوح من mm(200-300).

الشكل (5-8)مسدس رشاش الرمل والرشاش المعدني الشكل (5-9)ملابس الوقاية

الشكل (5-10)دولاب رش الرمل



الشكل (5-11)ماكينات تنظيف للمسبوكات الكبيرة الشكل(5- 12)ماكينة تنظيف متعددة فوهات الرش

5-2-4-4 الرش بالمواد الحاكة بدون هواء

ويستعمل هذا النوع من الماكنات ريشة تقذف المواد الحاكة أو المجروش المعدنى على المسبوكات. ويوضح الشكل (5-13) الماكنة حيث قطعت أجزاء فيها لتوضيح صفاتها الميكانيكية. ويدخل المجروش المعدنى من الأنبوب الى الريشة وتزداد سرعتها كلما اتجه ناحية محيط العجلة وبذلك يتركها وهي بسرعة عالية ويعمل دوران حصيرة الناقل على تقليب المسبوكات واسقاطها تحت الرشاش. وعندما تنظف المسبوكات يعكس اتجاه دوران الناقل وتتدحرج المسبوكات لخارج الناحية الأمامية للماكنة. وتسقط مواد الرش خلال الحصيرة المثقبة وتنقل إلى منخل أو مصفاة، وأخيرا إلى أعلى برافع لاعادة استعمالها. ويلاحظ أن إحدى الفوائد الرئيسة لهذه الماكنة هي الاستغناء عن الهواء المضغوط.

الشكل(5-13) ماكنة تنظيف ذات ريشة لقذف كريات المعدن بدون هواء

5-4-2-5 الرش (السفح) بإستخدام تيار من المياه

تستخدم هذه العملية الطاقة الحركية لتيار من الماء بضغط من 9.8 Mpsi إلى 19.6 الذي يقوم بتقشير الطبقة الملتصقة بالمعدن من الرمل المحترق، تكسير اللباب الداخلية للمسبوكات وإزالة الأجزاء المتبقية منها في فراغات المسبوكات. وتوضع على منضدة دوارة أو ثابتة، أو على عربة داخل حجرة السفح بتوجيه تيار الماه على المسبوك فإنه يزيل طبقة الرمل المحترقة الملتصقة به وكذلك اللباب الداخلي للمسبوك وتحمل المياه نواتج عملية التنظيف بعيداً عن المسبوك لوحدة تنقية للرمل. وتمر المياه من خلال مرشحات إذ تنقى ليعاد استخدامها من جديد. ولا تنتج هذه الطريقة أي غبار، وتزيل الرمل الملتصق بالمسبوك والموجود داخل فراغات المسبوك بكفاءة عالية، وتستخدم للمسبوكات المتوسطة والكبيرة الحجم، وتسمح بإعادة تنظيف الرمل حتى يمكن إعادة استخدامه.

6-4-2-5 الرش (السفح) بإستخدام تيار من المياه مع حبيبات حاكة

تستخدم هذه الطريقة معلقاً للتنظيف يتكون من حبيبات من رمل الكوارتز، الكوراندوم الصناعي، حبيبات معدنية، ماء، ومادة لتقليل الشد السطحي. يدفع المعلق تجاه سطح المسبوك مما يعمل على تنظيف المسبوكات وإزالة الزوائد وتقليل خشونة السطح. ويعطي المعلق نتيجة أفضل إذا دفع بزاوية مائلة من 30^{o} إلى60^{o}. وتستخدم مواد لتقليل الشد السطحي مثل صابون النفثانيت، ومحلول كبريتي، أو أنواع أخرى من المواد التي تسمح بدخول السائل إلى الفتحات الضيقة في المسبوكات لغرض إزالة المواد الغريبة الموجودة على أسطح المسبوكات. وتستخدم هذه الطريقة لتنظيف مسبوكات سبائك الألمنيوم والمغنسيوم بكفاءة عالية، حيث يستخدم رمل الكوارتز وحبيبات من الألومينيوم كمواد حاكة.

3-5 طلاء المسبوكات

هذه العملية ضرورية للحفاظ على المسبوكات من التآكل أثناء التخزين قبل إجراء عمليات التشغيل عليها. وتطلى مسبوكات الحديد الزهر الرمادي والزهر الطروقي بطبقة واحدة من مينا النيتروسليلوز. قبل الطلاء، وتغسل المسبوكات في وحدة غسيل ذات حجرتين باستخدام محلول صودا بتركيز% 0.5 ودرجة حرارة ^{o}c (80-85) لمدة 1min ثم بتيار من الماء الساخن عند نفس درجة الحرارة. وبعد ذلك تجفف المسبوكات بالهواء الساخن لمدة دقيقتين وتبرد في الهواء

لمدة 5-7 min ، وتوضع طبقة المينا بالرش أو بالغمر. ثم تجفف المسبوكات في حجرات تسخين عند درجة $60\ C^o$ لمدة 10 min.

4-5 الإنهاء ومعالجة السطوح:

تمر المسبوكات بمراحل فصل المسبوك عن القالب بتكسير القالب والتنظيف، وقد تتضمن عمليات التنظيف مقدارا معينا من إنهاء سطح المعدن ومعالجته أو تشغيله للحصول على الأبعاد المطلوبة للمسبوك في صورته النهائية وتعد عملية التشغيل جزءاً من عمليات تصنيع معظم المنتجات المعدنية إذ تتضمن مجموعة من العمليات التي تقوم بها ماكنات التشغيل لتصنيع المسبوكات المعدنية.

ومن أهم عمليات تشغيل المسبوك هي:

1. عملية التثقيب Drilling Operation
2. عملية الخراطة Turning Operation
3. عملية التفريز Milling Operation
4. عملية التجليخ Grinding Operation

1. عملية التثقيب Drilling Operation

تتم بعمل ثقوب أو صقلها وذلك بتدوير أداة القطع المزودة بحواف قاطعة في رأسها بحيث تفتح طريقها داخل المسبوكة، وتستخدم ماكنات التثقيب كالمثقب اليدوي الكهربائي Electric Hand Drill الشائع الاستعمال في ورش السباكة ويتميز بسهولة التشغيل والنقل يدوياً في مكان العمل من دون نقل المسبوكة، ويستخدم لعمل الثقوب الصغيرة التي لا تحتاج إلى دقة عالية كأعمال الثقب للمسبوكات الكبيرة التي لا يمكن تركيبها على منضدة المثقب، أما النوع الثابت فيتدرج بالحجم من النوع المنضدي، الذي يمكن أن يثبت على طاولة العمل، إذ تدار أداة القطع بواسطة محرك كهربائي، وهو أكثر الأنواع شيوعاً واستخداماً في ورش السباكة، والشكل (14-5) يبين عمل عدة ثقوب في المسبوكة.

2. عملية الخراطة Turning Operation

تتم بتدوير المسبوكة وقطعها بقلم القطع الثابت كطريقة أولية لقطع المعدن، وعادة تكون المسبوكة هي التي تدور على عمود الدوران وعدة القطع تغذى داخلها إما محوريا أو قطريا أو

بكلا الطريقتين بشكل متزامن لإعطاء السطح المطلوب للمسبوكة كما موضح في الشكل (5-15)، وتعد المخرطة الماكنة الأساسية للتشغيل بهذه الطريقة.

3. عملية التفريز Millig Operation

هي عملية توليد السطح المطلوب للمسبوك بواسطة الإزالة التدريجية لكمية المعدن المحسوبة مسبقاً من المسبوكة التي تتقدم عند معدل تغذية بطيئة نسبيا لقاطع التفريز الدوار بسرعة عالية جداً كما موضح في الشكل (5-16).

4. عملية التجليخ Grinding Operation

التشغيل الاحتكاكي للمسبوكة هو عملية إزالة المعدن بشكل دقائق رايش صغيرة بواسطة فعل الحبيبات القاطعة غير المنتظمة الشكل، تعد ماكنة التجليخ Grinding Machine، من المعدات الآلية التي تستعمل عجلة صلبة Abrasive Wheel (حجرالجلخ) كأداة قطع، كلّ جزء من مادة العجلة تزيل رقاقة صغيرة من المسبوكة عن طريق قوة القص Shear Force، بسرعة دائرية، ويتم القطع بحركة المسبوكة على أداة القطع، أو تثبيت المسبوكة وتحريك أداة القطع، كما موضح في الشكل (5-17).

كما يوضح الشكل (5-18) نموذج مسبوكة قبل الإنجاز السطحي وبعده.

الشكل(5-14) عمل عدة ثقوب في المسبوكة

الشكل(5-15) خراطة وجهية للمسبوكة

الشكل(5-16) تفريز سطح المسبوكة الشكل(5-17) تجليخ المسبوكة على ماكنة التجليخ

الشكل(5-18)المسبوكة قبل وبعد أنجاز السطوح

5 -5 فحص المسبوكات (Cleaning Inspection)

يجب القيام بعملية الفحص قبل إجراء عملية التنظيف ويعرف بالفحص الابتدائي لاستبعاد المسبوكات المتضررة في أثناء إجراء عملية التنظيف وخاصة على المسبوكة التي يكون قد عالجنا سطوحها، وذلك للتأكد من مطابقتها للمواصفات وكلما استبعدت المسبوكات المعيبة في مرحلة مبكرة قلت العمليات التي تجرى عليها بلا مبرر. فالمسبوكات التي توجد فيها عيوب ظاهرة يجب استبعادها ومع ذلك فالمسبوكات التي توجد بها تفاوت في الأبعاد أو عيوب سطحية أو داخلية قد تحتاج إلى قياسات خاصة أو إجراء إختبارات قبل اكتشاف مابها من عيوب.

طرائق فحص المسبوكات:

يعد الفحص الهندسي أو السيطرة النوعية في الوقت الحاظر صمام أمان لكافة الصناعات إذ إن فحص المسبوكة أثناء مراحل التصنيع ضروري للصناعة مما يزيد من عمرالمسبوكة ويقلل من خطر التعرض للحوادث، وذلك من خلال كشف العيوب ومعالجتها، وتقسم الفحوصات إلى قسمين :

1. الفحوصات اللااتلافية.
2. الفحوصات الإتلافية.

أولاً : الفحوصات اللاإتلافية:

إن هذا النوع من الفحوصات لا يؤدي الى تلف المسبوكة المراد فحصها، ويقسم إلى عدة انواع أهمها:

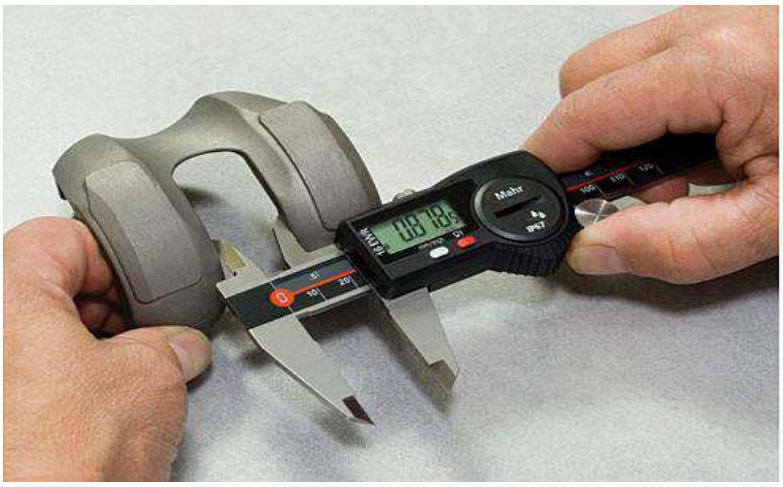
1. الفحص البصري Visual Inspection

يستخدم هذا الفحص للكشف عن العيوب السطحية أوعيوب عدم أكتمال شكل المسبوكة التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة كالشقوق والتمزقات والفجوات الغازية والانتفاخات، والشكل (19-5) يبين الفحص البصري. إن هذا النوع من الفحص لايمكن الاعتماد عليه في كشف العيوب تحت السطح أو العيوب الداخلية.

الشكل(5-19)الفحص البصري

2. الفحص لمطابقة الأبعاد Dimensional Inspection

ويتم فيه فحص دقة أبعاد المسبوكات والتأكد من كونها ضمن السماحات المحددة لإنتاجها، ويتم ذلك باستخدام أدوات القياس المختلفة المناسبة للقياس، والشكل (5-20) يبين الفحص لمطابقة الأبعاد.



الشكل(5-20)الفحص لمطابقة الأبعاد

3. الفحص بالصوت والطرق Stethoscope Inspection

وهو فحص بسيط يستخدم للكشف عن العيوب بأنواعها،حيث يعلق المسبوك ويطرق بمطرقة، ومن خلال مقارنة الصوت الصادر من المسبوك مع الصوت الصادر من مسبوك سليم، يمكن معرفة وجود العيوب فيه. وقد تستخدم سماعات خاصة لهذا الغرض، إن هذه الطريقة من الفحص تعتمد على الخبرة والكفاءة، والشكل (5-21) يبين جهازاً ألكترونياً للفحص بالصوت والطرق.

الشكل(5-21)جهاز اإلكتروني للفحص بالصوت والطرق

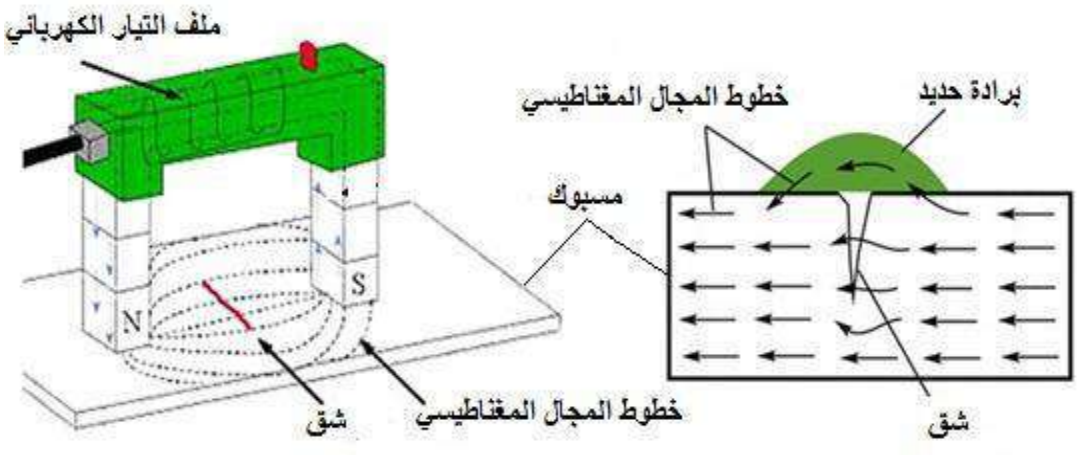
4. الفحص بالمواد النافذة Penetrant Inspection

يستخدم هذا الفحص لاكتشاف الشقوق الدقيقة بالأسطح التي لايمكن تحديدها بالعين المجردة، إذ يوضع على السطح زيت نفاذ ويترك حتى ينفذ الزيت بالشقوق (في حالة وجودها)، بعدها يزال الزيت ويدهن السطح بدهان أو مسحوق أبيض اللون يمتص الدهان الزيت النافذ ويتغير لونه بحيث يصبح الشق بسطح المسبوك واضحا للعين، والشكل (5-22) يبين الفحص بالمواد النافذة.

الشكل(5-22)فحص بالمواد النافذة

5. الفحص بالدقائق المغناطيسية Magnetic Inspection

يستخدم هذا الفحص للكشف عن العيوب التي تقع تحت السطح بقليل للمسبوكات الحديدية المغناطيسية، حيث يمغنط المسبوك، وينثر برادة الحديد على سطحه، فتصطف الدقائق بأتجاه خطوط المجال المغناطيسي اصطفافاً منتظماً، أما في حالة وجود عيب بالمسبوك (شقوق أو فجوات) فأنه يعمل على تجمع برادة الحديد حول مكان العيب بتركيز أكثر، بسبب كون العيب يجعل خطوط المجال المغناطيسي تأخذ مجالاً ملتويا، فيزداد تركيزها حول حدود العيب، والشكل (5-23) يبين الفحص بالدقائق المغناطيسية.



الشكل(5-23)فحص بالدقائق المغناطيسية

6. الفحص بالأشعة Radiographic Inspection

تستخدم الأشعة ذات الموجة القصيرة جداً (كأشعة أكس أو أشعة كاما) في فحص المسبوكات وأكتشاف العيوب بداخلها. إن لهذه الأشعة إمكانية اختراق المعادن والمرور عبر المسبوكات المطلوب فحصها وتستلم الأشعة المارة وتسجيلها على فيلم فوتغرافي فيه تسجل كثافة الأشعة المارة حيث تظهر العيوب بشكل مناطق معتمة، تحدد أماكنها، والشكل (5-24) يبين الفحص بالأشعة.

الشكل(5-24)الفحص بالأشعة

7. الفحص بالذبذبات فوق الصوتية Ultrasonic Inspection

يتم باستخدام الموجات فوق الصوتية ذات التردد العالي، إذ تنقل من مصدرها خلال مقطع المسبوك وتنعكس ثانيه على المصدر بعد مدة مناسبة من الزمن. وفي حالة وجود عيوب بالمسبوك تنعكس هذه الموجات من سطح العيب وتعود ثانية بوقت أقصر، وهذا يمكن تحديده بأستخدام جهاز خاص بهذا الفحص، كما مبين في الشكل (5-25)، ويستخدم هذا الفحص للكشف عن العيوب الداخلية دون الأضرار بالمسبوكة

الشكل(5-25)جهاز فحص بالذبذبات فوق الصوتية

8. الفحص بالضغط Pressure Inspection

يستخدم هذا الفحص لتحديد مواضع التسرب في المسبوك، ومقاومة المسبوك للهدم تحت تأثير الضغط، ويستخدم الماء أو الزيت المضغوط للحصول على ضغط أكبر من ضغط الاستخدام للمسبوك.ويعد هذا الفحص من الفحوصات الإتلافية.

ثانيا: الفحوصات الإتلافية

إن هذا النوع من الفحوصات تجري عادة باختيار عينات مجهزة خصيصا لهذا الغرض على ماكنات خاصة. وهذه الاختبارات يمكن أن تكون:

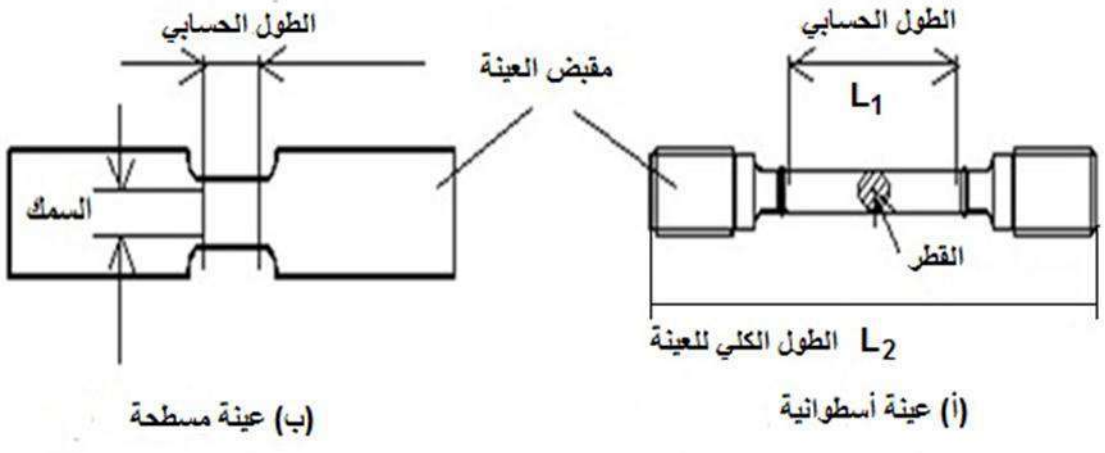
1. فحوصات استاتيكية : وتعني تعرض عينة الاختبار إلى تحميل تدريجي بطيء.
2. فحوصات ديناميكية : وتعني تعرض عينة الاختبار إلى قوى خارجية على شكل صدمات.
3. فحوصات متكررة (متغيرة) : ويعني تعرض عينة الاختبار إلى تحميل يتغير مقداره واتجاهه باستمرار خلال فترة الاختبار.

1. فحص الشد Tensile Test

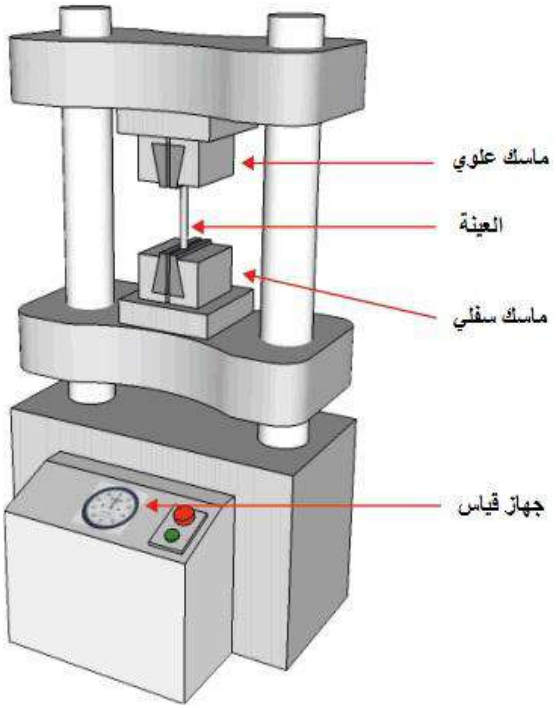
يعد هذا الفحص من الفحوصات الاستاتيكية ويجري لتحديد مقاومة المعادن والسبائك ومرونتها ولدونتها. وتعني المقاومة قدرة المعدن عل مقاومة الفشل تحت تأثير القوى الخارجية المؤثرة عليه.

أما المرونة فهي قدرة المعدن على استعادة شكله عند إزالة القوى المسببة لتغير شكله. ويمكن تعريف اللدونة بأنها قدرة المعدن على تغيير شكله وأبعاده تحت تأثير القوى الخارجية من دون أن ينهار مع احتفاظه بشكله الجديد بعد إزالة القوة المؤثرة.

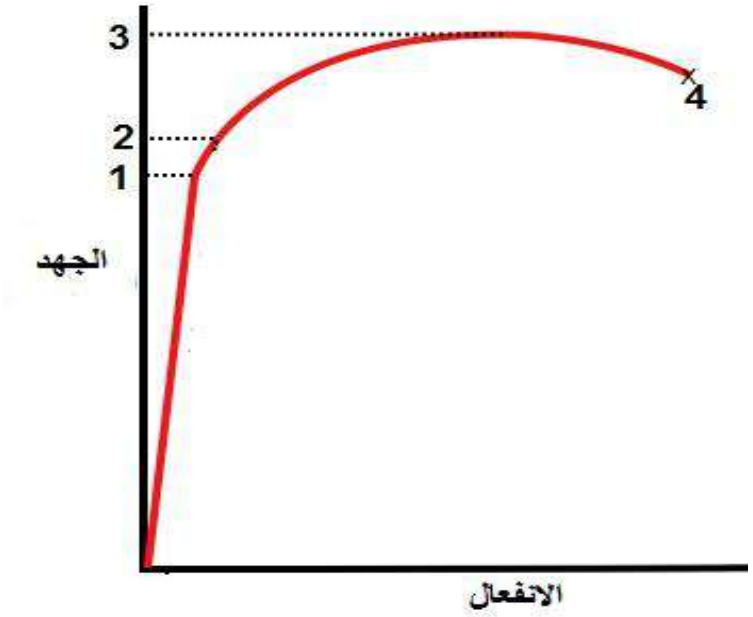
والعينات المستعملة لأختبار المعادن بالشد إما أن تكون عينات أسطوانية أو عينات مسطحة، كما في الشكل (5-26) أدناه، وهذه العينات ذات أبعاد ومقاسات موحدة قياسية، وذلك لكي يمكن مقارنة النتائج بعضها ببعض. وتثبت عينة الفحص بواسطة الرؤوس في قوابض خاصة على ماكنات الفحص التي تعمل عادة بطريقة هيدروليكية، كما مبين في الشكل (5-27). وعند تشغيل ماكنة الاختبار تتولد قوى مؤثرة على عينة الاختبار حيث تبدأ العينة بالاستطالة حتى تنكسر. وتكون ماكنات الفحص عادة مزودة بتدريجة لقياس مقدار تحمل العينة في أي لحظة من لحظات التجربة، كما أن هذه الماكنات تكون مزودة أيضا بأجهزة خاصة ترسم أوتوماتيكية منحني تغير طول العينة حسب التحمل ويسمى هذا المنحني بمنحنى الشد الشكل (5-28).



الشكل(5-26)عينات فحص الشد



الشكل(5-27)ماكنة فحص الشد



الشكل(5-28) منحني جهد الشد - الانفعال لعينة من الألمنيوم

1- حد المرونة 2- نقطة الخضوع 3- الجهد الأقصى 4- نقطة الانكسار.

1. **حد المرونة Elastic Limit: وهو أقصى جهد يتحمله المعدن وهو في حالة المرونة أي يعود النموذج لشكله وطوله الأصلي بعد رفع الجهد عنه.**
2. **نقطة الخضوع Yield Point: نقطة تقع فوق حد المرونة وتمثل نقطة الانتقال من خاصية المرونة إلى خاصية اللدونة.**
3. **مقاومة الشد (الجهد الأقصى) Max Stress: أقصى جهد يمكن للنموذج أن يتحمله قبل أن ينكسر مباشرة وتتمثل في منحنى الجهد والانفعال بأعلى نقطة فيه.**
4. **جهد الفشل Fracture Stress: وهو عبارة عن نقطة تقــع بعد نقطة الحمل الأقصى فــي منحنى الجهد والانفعال، عندها النموذج سوف يتخصر وينكسر أو يفشل.**

الاستطالة = طول العينة بعد الشد (L) – طول العينة قبل الشد (L_O)

$$\text{الجهد } (\sigma) = \frac{\text{الحمل } (F)}{\text{مساحة المقطع العرضي للعينة } (A)}$$

الانفعال (ε) =

$$\frac{\text{طول العينة بعد الفحص} - \text{طول العينة قبل الفحص}}{\text{طول العينة قبل الفحص}} \times 100\%$$

مثال: عند فحص عينة من الفولاذ قطرها (11.3 mm) وطولها الحسابي (56.5 mm)، كانت نتيجة الفحص كما يلي : حمل الخضوع يساوي (25 kN)، الحمل الأقصى (54.5 kN)، قطر الانكسار يساوي (7.03 mm)، طول العينة عند الانكسار يساوي (71.1 mm). أحسب: جهد الانسياب، الاستطالة النسبية.

الحل :

$$r = \frac{\text{القطر}}{2}$$

$$A = r^2 \times \pi$$

$$A = (5.65)^2 \times 3.14 = 100 \text{ mm}^2$$

$$F = 25 \times 1000 = 25000 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{Load\ (F)}{area\ (A)} = \frac{25000}{100}$$

$$= 250N/mm^2$$

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$= \frac{71.1-56.5}{56.5} \times 100\% = 25.9\%$$

2. فحص الصلادة Hardness Test

الصلادة : هي قدرة المادة على مقاومة تغلغل الأجسام الأخرى الأكثر صلادة منها وتعد فحوصات الصلادة من الفحوصات الأستاتيكية، وإن إجراء هذه الفحوصات سهل وسريع ولا يؤدي إلى تحطيم الجزء المراد فحصه.

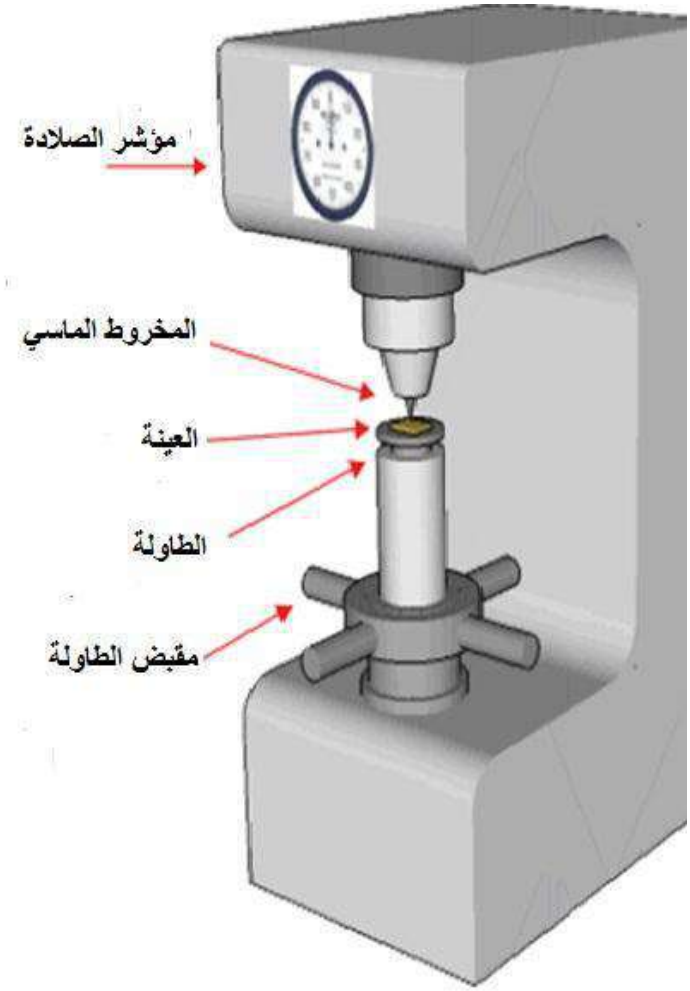
هناك طرائق عديدة لفحص الصلادة منها:

1) **طريقة روكويل.**
2) **طريقة برينل.**
3) **طريقة فيكرز.**

1) طريقة روكويل

يعتمد هذا الجهاز في قياس الصلادة على اختراق القطعة المراد قياس صلادتها بواسطة كرة فولاذية مصلدة وصغيرة (بقطر يساوي 0.8 mm وقد تستعمل كرات بأقطار أصغر) مثبته على حوامل. وتضغط على سطح القطعة بوزن أجمالي مقداره kg (100). ثم يصار إلى قياس عمق الاختراق أو الأثر الذي تتركه الكرة على سطح القطعة. ومن الواضح أن عمق هذا الأثر يعتمد على مدى مقاومة المعدن للاختراق بواسطة الكرة الفولاذية. ولقياس صلادة المعدن التي تكون أصلد من الكرة الفولاذية نفسها يستعمل مخروط ماسي صغير ووزن أجمالي مقداره kg (150) ويتبع نفس الأسلوب أعلاه لقياس الصلادة، والشكل (5-29) يبين حامل الكرة الفولاذية وحامل مخروط ماسي، الشكل (5-30) يبن جهاز روكويل لقياس الصلادة.

الشكل(5-29)حامل الكرة الفولاذية



الشكل(5-30)جهاز روكويل لقياس الصلادة

2) طريقة برينل لفحص الصلادة

طريقة برينيل لقياس الصلادة تشبه طريقة روكويل إلى حد بعيد، إذ إنها تعتمد على ضغط كرة فولاذية مصلدة بقطر (10)mm، وبوزن يساوي (3000)kg بالنسبة للمعادن الحديدية، (500)kg بالنسبة للمعادن اللاحديدية. ويستمر ضغط الكرة لمدة (10)sec بالنسبة للأولى و (30)sec بالنسبة للأخيرة. ثم يصار إلى قياس قطر الأثر الدائري الذي تتركه الكرة على سطح المعدن بالمليمترات، وباستعمال جداول خاصة يمكن استنتاج صلادة برينل للمعادن. إذ إن قطر الأثر الدائري يعتمد عل مدى مقاومة المعدن للاختراق بواسطة الكرة الفولاذية وتحت وزن معين. إن تصميم جهاز برينل يساعد على استعماله لقياس صلادة القطع الكبيرة الحجم نسبياً، فضلاً عن امكانية الجهاز لقياس انواع متعددة من المعادن الصلدة واللينة (مدى قياس صلادة واسع)، والشكل (5-31) يبين طريقة برينل لفحص الصلادة، بعد إجراء الفحص يتم تعيين قطر الأثر، ثم حساب الصلادة من العلاقة :

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{(D^2 - d^2)})}$$

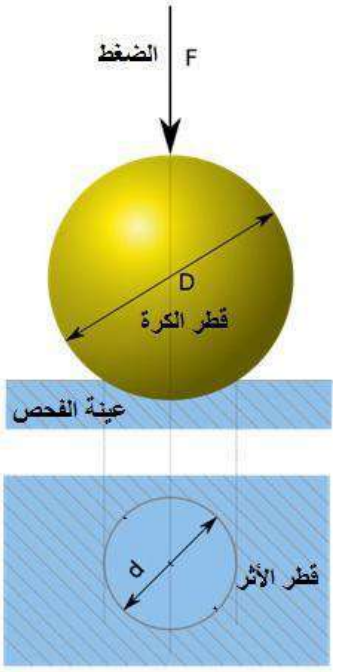
حيثُ إنَ:

BHN = رقم برينل للصلادة

P = الحمل kg

D = قطر الكرة الفولاذية mm

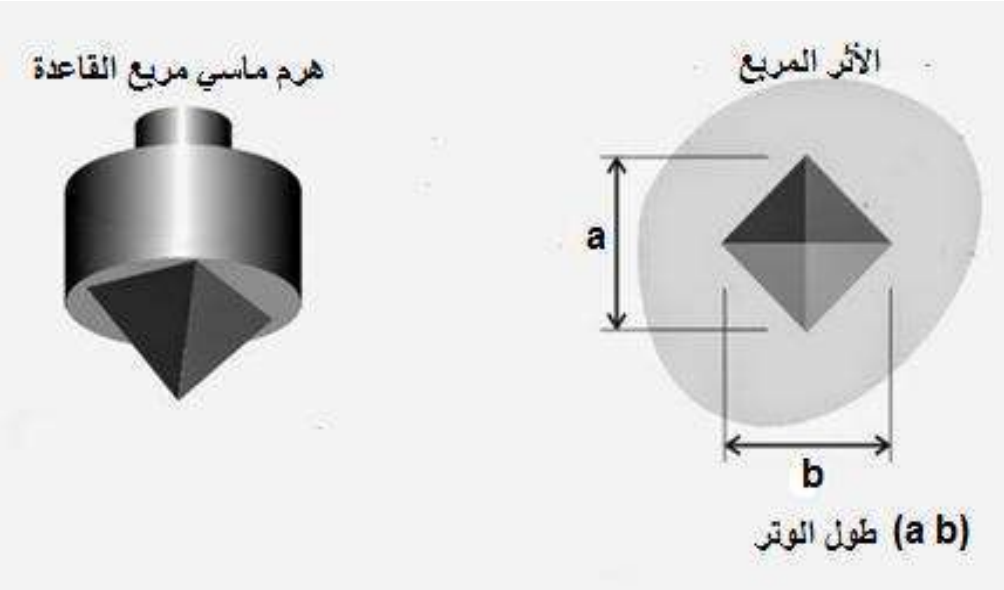
d = قطر الأثر على سطح العينة mm



الشكل(5-31)طريقة برينل لفحص الصلادة

3) طريقة فيكرز لفحص الصلادة

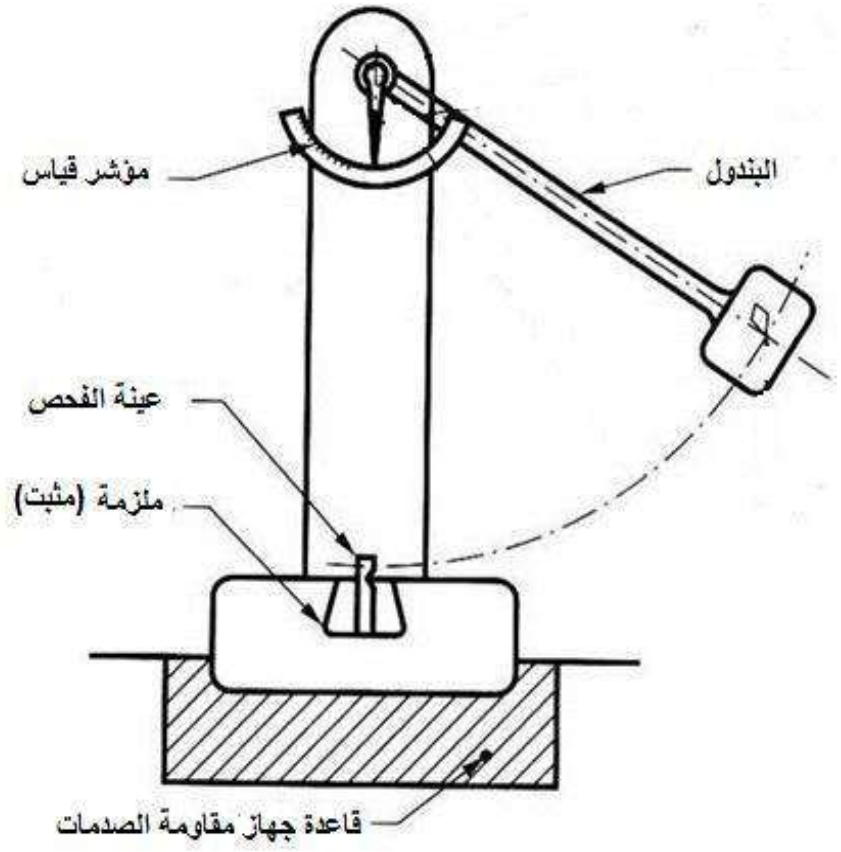
يستعمل في جهاز فيكرز هرم ماسي ذي قاعدة مربعة الشكل وزاوية مقدارها (136º) بين كل وجهين متقابلين من أوجه المربع. الوزن المستعمل يتراوح بين kg(1- 120). وتجري عملية قياس الصلادة بقياس طول الوتر الواصل بين ركني الأثر المربع الشكل الذي يتركه الهرم الماسي عل سطح القطعة المعدنية بعد الضغط عليه بوزن معين، الشكل (5-32) يبين طريقة فيكرز لفحص الصلادة، في هذه الطريقة تستعمل جداول خاصة لتحويل طول الوتر المقاس بالملمترات إلى وحدات صلادة فيكرز. حيث يتناسب طول هذا الوتر عكسيا مع مقاومة المعدن للاختراق بواسطة الهرم الماسي. ويصار عادة إلى قياس طول وتري الأثر المربع واحتساب معدل طول الوتر منها. ويستعمل جهاز فيكرز عادة لقياس صلادة المواد المعدنية العالية الصلادة ولقياس صلادة القطع المعدنية السميكة والرقيقة على حد سواء.



الشكل(5-32) طريقة فيكرز لفحص الصلادة

3- فحص مقاومة الصدمات Impact Test

يستعمل هذا الفحص لمعرفة قابلية المادة على مقاومة الانكسار عند تعرضها للصدمات، وتجري الفحوصات الديناميكية بوساطة أجهزة خاصة. وهذه الأجهزة أما أن تكون من النوع الذي يسمى بدقاق آيزود، أومن النوع الذي يسمى بدقاق شاربي لاحظ الشكل المرقم (5-33) أدناه. وتتم عملية الاختبار بكسر العينة بصدمة من بندول ثقيل يسقط على الجزء العلوي للعينة من أرتفاع محدود. والعينة المستعملة تكون بشكل قياسي موحد، وبها حز في منتصف أحد جانبيها. ولأجراء الاختبار توضع العينة على حامل الدقاق بحيث يكون الحز في الجانب القريب من الصدمة. وبعد ذلك يرفع البندول الذي وزنه معلوم إلى ارتفاع محدد ثم يترك ليسقط سقوطا حرا. وعند سقوط البندول يكسر العينة ويرتفع من الجهة الثانية إلى أرتفاع يتناسب مع مقدار الطاقة المبذولة لكسر العينة. ويقوم مؤشر يتحرك مع البندول بقياس الطاقة الممتصة من قبل العينة بعد الكسر، بوحدات (kg.m) أو الجول.



الشكل(5-33)جهاز فحص مقاومة الصدمات نوع آيزود

6-5 عيوب المسبوكات:

يؤدي وجود عدم انتظام في عملية السباكة إلى حدوث عيوب في المسبوكات الناتجة. تصل نسبة المسبوكات المعيبة وحتى في المسابك المتطورة إلى(% 2-5)، وفـي بعض الأحـيان إلى (10%-20)من عدد المسبوكات المنتجة. وتقوم جميع المسابك باتخاذ إجراءات فنية وإدارية بهدف التوصل للأسباب الأساسية لحدوث تلك العيوب والتوصل لطرائق تلافيها، والشكل (5-34) يوضح بعض عيوب المسبوكات، بهذا الصدد سيتم التطرق إلى الأنواع الرئيسة لعيوب المسبوكات وأسباب حدوثها بمختلف أنواع السباكة بوجه عام.

الشكل(5-34)عيوب المسبوكات

تقسم عيوب المسبوكات:

تقسم العيوب الأكثر شيوعاً في المسبوكات لأربع مجموعات:

1. عيوب سطحية:

وهي عيوب ظاهرة على أسطح المسبوكات، مثل أن يكون الشكل أو الوزن غير سليم، ووجود طيات أو زوائد، وهكذا.

2. عيوب داخلية :

مثل الشقوق الساخنة والباردة، الفجوات الغازية، وغيرها.

3. التركيب الكيميائي غير سليم وكذلك البنية البلورية للمسبوكات.

4. الخواص الميكانيكية غير مطابقة للمواصفات.

أنواع العيوب وأسبابها في المسبوكات وطرائق معالجتها:

ت	نوع العيب	الأسباب وطرق المعالجة
1	عدم دقة الأبعاد للمسبوكة مقارنة بالأبعاد الموجودة في التصميم.	تنتج من عدم الدقة في حساب الانكماش الحادث للمعدن ومراعاة ذلك أثناء عمل النموذج وكذلك من عدم الدقة في تجميع القالب. ويمكن إصلاح هذا العيب بضبط أبعاد النموذج وإغلاق القالب جيدا.
2	الطبقات ووجود أماكن غير مكتملة في المسبوكة.	تنتج من عدم الاتحاد بين تيارين من المعدن يكونان قد فقدا السيولة المطلوبة قبل أن يتم ملئ فراغ القالب بالكامل ويظهر ذلك عند صب معدن لم يتم تسخينة لدرجة الحرارة الكافية في قنوات صب ذات مساحة مقطعية صغيرة من الأسباب الأخرى استخدام رمل يحتوي على نسبة عالية من الرطوبة (عند انتاج مسبوكات صغيرة السمك).
3	الزوائد	عادة ما تظهر عند فواصل أجزاء القالب نتيجة عدم تجميع نصفي القالب معا بطريقة جيدة بسبب التآكل او الانحناء الحادث عند حواف نصفي صندوق القوالب، أو بسبب عدم ربط نصفي القالب معا بطريقة سليمة.
4	عدم الموائمة	وهو إنحراف احد أجزاء المسبوكة بالنسبة للجزء الآخر ينتج هذا العيب من التجميع غير الدقيق للقالب نتيجة التآكل في دلائل نصفي القالب بالنسبة لبعضها ولعدم التوافق بين ركائز لباب المسبوك الموجودة في النموذج مع الركائز الموجودة في القالب.

5	تغلغل المعدن	وهو تكون قشرة من الرمل المنصهر على سطح المسبوكة، وينتج من عدم قدرة مكونات القالب على تحمل درجة حرارة المعدن المنصهر بدرجة كافية، ووجود كمية كبيرة من الشوائب، وعدم دك القالب جيدا، وعدم جودة مواد القالب.
6	الشقوق الساخنة	وهي تشققات تظهر على هيئة تصدعات غير منتظمة ذات سطح مؤكسد داكن. تنتج من الارتفاع الزائد في درجة حرارة معدن المسبوكة،والأنكماش الزائد في المعدن، والتصميم غير السليم لنظام الصب وللمسبوك بصورة عامة وقابلية لباب المسبوكة الضعيفة للتشكيل والتبريد غير المنتظم الذي يسبب تولد إجهادات داخلية عالية في المسبوكة يعد الاختلاف في التركيب الكيميائي للمعدن من الأسباب التي قد تؤدي لحدوث هذا العيب.
7	الشقوق الباردة	وتظهرعلى هيئة شقوق ضيقة ذات لون معدني لامع وتكون خالية من الأكاسيد. وتنتج من الانكماش غير المنتظم لأجزاء المسبوكة وفي بعض الأحيان من المناولة غير السليمة للمسبوكات أثناء إخراجها من القوالب وتنظيفها مما يسبب حدوث تلف ميكانيكي بها تتكون الطرائق العملية لعلاج هذه المشكلة من جعل التجمد يحدث بانتظام على الأجزاء السميكة والرفيعة من المسبوكة.
8	الفجوات الغازية	وهي فجوات كروية أو نصف كروية وتكون أسطحاً نظيفة وملساء تظهر إما على سطح المسبوك (فجوات مفتوحة) أو في جسم المسبوك (فجوات مغلقة).تنتج هذه الفجوات من وجود غازات زائدة ونفاذية ضعيفة لرمال القالب، وتهوية ضعيفة للقالب ولباب المسبوكة، أو وضع فتحات التهوية في أماكن غير مناسبة، أو انخفاض درجة حرارة المعدن

		عند الصب، أوعدم التجفيف الجيد للقوالب ولباب المسبوكة، أو وجود محتوى غازات كبيرة في المعدن ونظام تغذية غير سليم، ويساعد التعرف على تلك الأسباب على تلافي حدوث هذا العيب.
9	شوائب الخبث	قد تظهر إما على سطح أو في جسم المسبوكة. وهي عبارة عن فجوات مملوءة جزئياً أو كلياً بالخبث الذي يدخل إلى المسبوكة أثناء صب المعدن وينتج هذا العيب من عدم الإزالة الكاملة للخبث في مغرفة الصب، أو أن تكون بطانة الفرن لا تتحمل الحرارة تحملاً كافياً أو يكون تصميم نظام الصب غير سليم.
10	فجوات الانكماش	وهي فجوات ذات شكل غير منتظم وسطح خشن، وغالباً ماتكون ذات سطح متأكسد، وتنتج من سوء التغذية للأجزاء الضخمة من المسبوكة، والتصميم غير الجيد للمسبوكة، والترتيب غير السليم للمصبات والمصعدات، وصب المعدن عند درجات حرارة عالية جداً وزيادة الانكماش.
11	سقوط (تهدم) في القالب	هو عيب ينتج من تهدم جزء من القالب الرملي نتيجة ضعف عملية دك القالب، وانخفاض صلابة رمال القالب، وعدم الاستخدام السليم لمعدات عمل القوالب، والطرق الشديد على القوالب عند تجميعها.

أسئلة الفصل الخامس

س 1) أجب بكلمة (صح) أو (خطأ) أمام العبارات الأتية وصحح الخطأ إن وجد :

1. **فحص مقاومة الصدمات يستعمل هذا الفحص لمعرفة قابلية المادة على مقاومة الإنكسار عند تعرضها للصدمات.**
2. **تستخدم البراميل الدوارة أو ماكنات العصف لفحص أسطح المسبوكات الخارجية والداخلية.**
3. **الفحص بالصوت والطرق هو فحص بسيط يستخدم للكشف عن العيوب بأنواعها.**
4. **الشقوق الساخنة هي تشققات تظهر على هيئة تصدعات غير منتظمة ذات سطح مؤكسد داكن.**
5. **تستخدم الأشعة ذات الموجة القصيرة جداً كأشعة أكس (X) أو أشعة كاما (γ) في فحص المسبوكات وإكتشاف العيوب بداخلها.**

س 2) عدد أنواع الفحوصات اللاإتلافية للكشف عن العيوب في المسبوكات.

س 3) إشرح عملية تنظيف المسبوكات باستعمال البرميل القلاب.

س 4) إشرح طريقة العصف (السفح) في تنظيف المسبوكات.

س 5) إشرح كل من أساليب الفحص الآتية وبين استعماله.

1. **طريقة فيكرز لفحص الصلادة.**
2. **طريقة برينل لفحص الصلادة.**

س 6) هل تعتبر الفحوص بطريقة فيكرز وطريقة برينل إتلافية أو غير إتلافية؟ لماذا؟

س 7) ذكر أسباب العيوب الآتية في المسبوكات مع طرائق معالجتها:

1. **الشقوق الساخنة.**
2. **الشقوق الباردة.**
3. **سقوط (تهدم) في القالب الرملي.**

س 8) ما الفروق بين طريقتي روكويل وبرينل لقياس الصلادة ؟

س 9) اشرح المتانه وطريقة قياسها.

س 10) تقسم العيوب الأكثر شيوعاً في المسبوكات لأربع مجموعات، عددها.

س 11) إشرح طريقة تنظيف المسبوكات الرش بالرمل والمواد الحاكة المعدنية.

س 12) علل ما يأتي:

1. **يجب إجراء فحص ابتدائي (نظري) قبل البدء في عملية التنظيف.**
2. **إن تصميم جهاز برينل يساعد على إستعماله لقياس صلادة القطع الكبيرة الحجم نسبيا.**
3. **الفحص البصري لا يمكن الاعتماد عليه في كشف العيوب تحت السطح أو العيوب الداخلية.**
4. **يستخدم الفحص بالدقائق المغناطيسية للكشف عن العيوب التي تقع تحت السطح بقليل للمسبوكات الحديدية المغناطيسية.**
5. **الفحوصات اللاإتلافية لا تؤدي إلى تلف المسبوكة المراد فحصها.**
6. **تنقل المسبوكات إلى قسم التهذيب والإعداد لإجراء عمليات التشطيب عليها.**

الفصل السادس

المقايسة

أهداف الفصل

بعد أكمال الفصل يكون الطالب قادرا على أن :

1 - يفهم الرسم التنفيذي للمسبوكة.

2 - يحسب مساحة المسبوكة وحجمها إعتماداً على الرسم الهندسي للمسبوكة.

3 - يحسب وزن الخام.

4 - يحسب وزن المسبوكة اعتماداً على الرسم الهندسي له.

5 - يحسب كلفة المعدن اللازم لإنتاج قطعة واحدة أو مجموعة قطع.

1-6 تمهيد

عند السباكة الأنتاجية يجب حساب شحن المعدن المنصهر مع الأخذ في الاعتبار الفقد الذي يحدث في المعدن أثناء الصهر والمسبوكات التي ترفض في المسبك أو أثناء عمليات التشغيل.

يحسب وزن شحنة المعدن استنادا إلى أوزان المكونات الآتية:

1. المسبوكات السليمة المطلوب الحصول عليها خلال مدة معينة.
2. المسبوكات التي ترفض في المسبك أو أثناء عمليات التشغيل.
3. المصبات و فروعها والمصاعد والمغذيات.
4. الفقد أثناء الصهر وأثناء الصب وغيرها.

يمكن حساب المعدن المفقود في الفرن على أساس انه يتراوح من 4 إلى 5% من وزن شحنة المعدن الكلية. في الأفران العاكسة تكون تلك النسبة أعلى وتتراوح من 6 إلى 8%.

النسبة المئوية لوزن المسبوكات السليمة = $\frac{\text{الوزن الصافي للمسبوكات السليمة}}{\text{وزن شحنة المعدن}}$ 100 %

$$wt\% = \frac{Wn}{Wt} X100\%$$

Wn = الوزن الصافي للمسبوكة السليمة
Wt = وزن شحنة المعدن
Wt % = النسبة المئوية للوزن

تتلخص مقايسات السباكة بما يأتي :

1- دراسة الرسم قبل التنفيذ لمعرفة القياسات.

2- حساب حجم المسبوكة إعتمادا على الرسم الهندسي لها بدون زيادة أو نقصان ثم حساب الحجم بالزيادة إذا تطلب الأمر في المقايسة وبالتالي حساب وزن الخام .

3- إيجاد وزن المسبوكة إعتمادا على الرسم الهندسي له.

4- حساب كلفة المعدن اللازم لإنتاج قطعة واحدة أومجموعة قطع.

2-6 إيجاد وزن المعدن اللازم لسباكة معدن اعتمادا على الرسم الهندسي للمسبوكة:

يحسب وزن المعدن اللازم للسباكة بمعرفة كثافة المعدن وحجم المسبوك من الأبعاد الموضحة على الرسم وهي الأبعاد المطلوبة للمسبوك بضمنها الزيادات اللازمة نظير التشغيل الآلي ، مع مراعاة إضافة زيادات التشغيل نظير الصهر.

طرائق حساب وزن المعدن بمعلومية (وزن المتر الطولى – وزن المتر المربع – وزن السنتيمتر المكعب).

1. حساب وزن المتر الطولي

مثال 1 : أعمدة من الصلب قطرها (1.2) cm بطول (10) cm ويزن المتر الطولي منها (0.888)kg، أحسب وزن الخام اللازم للعمود الواحد.

الحـــــــل:

وزن الخام = طول العمود × وزن المتر الطولي

$$w = 0.1m \times 0.888 \ = 0.088\ kg$$

2. حساب وزن المتر المربع

مثال 2 : أحسب ثمن الخام لعمود مستطيل المقطع mm (75×15) و بطول mm (90)

علما أن وزن المتر الطولي منه (0.555 kg)، وسعر الكيلوغرام من الحديد المُصنع منه العمود يساوي 12000 دينار عراقي.

الحـــــــل:

أولاً أيجاد الوزن الكلى للعمود

وزن العمود = طول العمود × وزن المتر الطولي

$$w = \frac{90}{1000} \times 0.555 \ = 0.049\ kg$$

ثمن الخام = وزن العمود × ثمن الكيلو غرام

الثمن $= 0.049 \times 12000 \ = 588$ دينارعراقي

3. حساب وزن السنتيمتر المكعب :

مثال 3 : قضيب من الصلب مربع المقطع طول ضلعه mm(65) وطوله mm (195) و وزن السنتيمتر المكعب منه (7.8 g). أحسب ثمن الخام اللازم لهذا القضيب علماً بأن ثمن الكيلو غرام من الصلب (8500) دينار عراقي.

الحـــــــل:

1 - وزن الخـــام = مساحة المقطع × طول القضيب المُستخدم × وزن السنتيمتر المكعب من الصلب.

$$W = (65 \times 65) \times 195 \times 7.8 = 6.43 \ \ kg$$

2 - ثمن الخام = وزن الخام × ثمن الكيلو غرام

$$\text{الثمن } C = 6.43 \times 8500 = 54655 \ \text{دينار عراقي}$$

3-6 حساب كلفة المعدن اللازم لإنتاج مسبوكة معينة :

تحسب كلفة المعدن اللازم لإنتاج مسبوكة بمعرفة وزنها وثمن الكيلو غرام للمعدن بأتباع المقايسة الآتية :

مقايسة (1)

تعاقدت إحدى شركات السيارات مع مصنع للسباكة على إنتاج عدد (1000) ذراع توصيل بمواصفات ومقاسات معينة ومُصنع من الفولاذ النيكلي الذى ثمن الطن منه (10000000) دينار، فإذا كان وزن ذراع التوصيل قبل السباكة (3kg). أوجد ثمن المعدن اللازم لهذه العملية.

حـــل المقايسة :

ثمن المعدن اللازم لهذه العملية = وزن المعدن بالطن × ثمن الطن

وزن المعدن بالطن = عدد القطع المُراد إنتاجها × 3 kg

الطن = 1000 kg

وزن المعدن بالطن

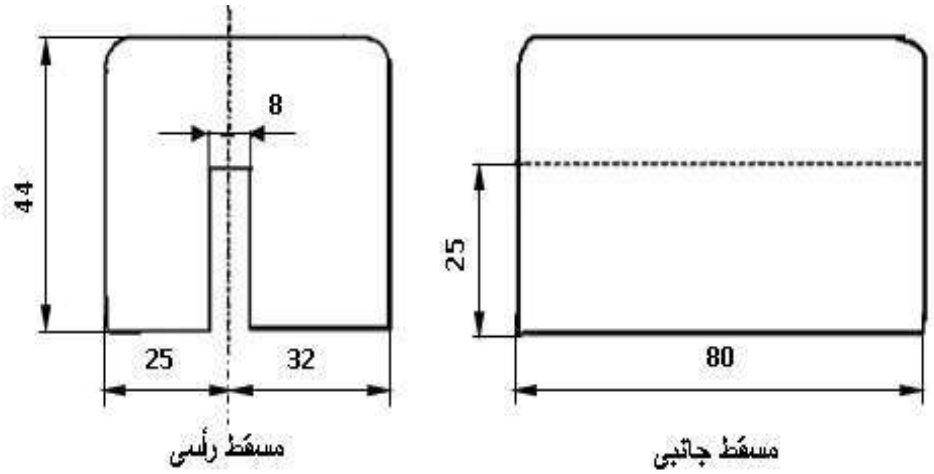
3 kg × 1000 = 3000 kg = 3 tons

ثمن المعدن بالدينار العراقي

10000000 × 3 tons = 30000000 دينار

مقايسة (2)

الشكل يوضح المسقطين لجسم معدنى مصنوع من حديد الزهر وزنه (1.2 kg) ويصهر في فرن البودقة. أحسب المقايسة التفصيلية لسبك 100 قطعة منها إذا علمت أن سعر الكغم من حديد الزهر2000 دينار عراقي.



ملاحظة :

1- r لجميع الأقواس (5 mm).

2- فقد المعدن أثناء الصهر 2% من وزن المعدن المُنصهر (الشحنة).

3- الأبعاد بالملليمترات.

حل المقايسة :

تكاليف المعدن :

وزن عدد 100 قطعة = عددها × وزن الجسم الواحد

$$1.2 \text{ kg} \times 100 = 120 \text{ kg}$$

∴ النماذج متوفرة من المعطيات في المقايسة

∴ يمكن مقالبة 100 قطعة في مجموعات ، كل مجموعة تحتوى على 5 قطع

∴ عدد مجموعات المقالبة

$$\frac{100}{5} = 20 \quad \text{مجموعة}$$

كل مجموعه تحتاج إلى مصب ذي خمسة مجاري و خمس مصاعد وتزن حوالى من (5 kg - 8) و لتكن (8 kg) .

∴ وزن المصبات وفروعها والمصاعد لـ 20 مجموعة =

عدد مجموعات المقالبة × وزن المصب والمجاري و المصاعد للمجموعة الواحدة

8 ×20 = 160 kg

∴ وزن الزهر اللازم للمصبات و المجاري والمصاعد

160 + 120 = 280 kg

وحيثُ إن الفقد فى المعدن نتيجة الصب = 2% من وزن المعدن المُنصهر

280 × %2 = 5.6 kg

∴ وزن الزهر اللازم للمقايسة

5.6 + 280 = 285.6 kg

∴ ثمن الزهر الخام

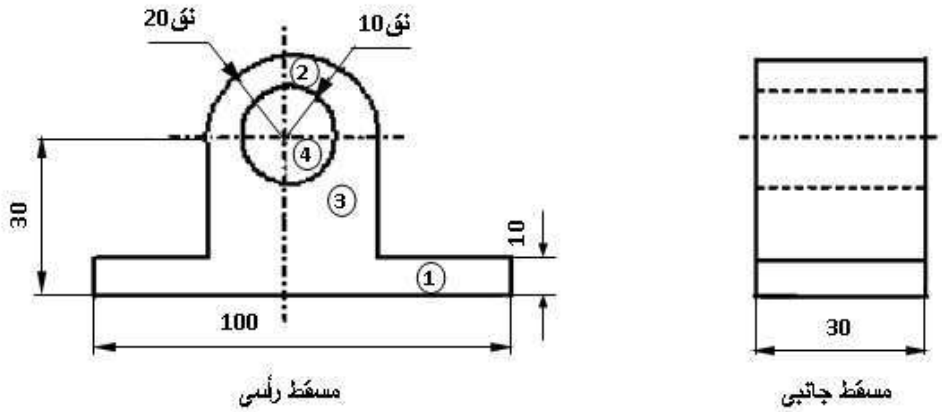
2000 × 285.6 = 571200 دينار عراقي

مقايسة (3)

الشكل المبين أدناه لكرسي محور بسيط مصنوع من الصلب الذى كثافته $7.8 \frac{g}{cm^3}$. وثمن الكيلو غرام منه 3000 دينار عراقي. والمطلوب عمل مقايسة لحصر التكاليف اللازمة لسباكته بقسم السباكة، إذا علمت أن :

زيادات التشغيل نظير عمليات السباكة اللازمة والأكسدة% 15 من الحجم الصافى للكرسى – ويُضاف 3 mm على أبعاد الأسطح المستوية، 6 mm على الطول الكلى للكرسى – وينقُص قطر الثقب 6 mm، وذلك نظير عمليات التشغيل الآلي على المثقاب والمقشطة.

(القياسات mm).



حـــــــــل المقايســـــة:

أولاً : ثمن الخام = وزن الخام بالكيلو غرام × ثمن الكيلو غرام

∵ وزن الخام = الحجم × الكثافة

∴ يجب إيجاد حجم الكرسي

ولسهولة إيجاد الحجم يقسم الجسم (الكرسي) إلى مجموعة من الأجسام المعروفة (1)، (2)، (3)، (4) – لاحظ إضافة زيادة الأبعاد للأسطح المستويه فقط.

حجم (1) = حجم متوازى مستطيلات = الطول × العرض × الارتفاع

$$\mathbf{V = (6 + 10) \times (30 + 6) \times (6 + 100)}$$

$$\mathbf{V = 61056\ mm^3}$$

حجم (2) = 2/1 إسطوانة

$$\mathbf{V = \frac{1}{2}(\pi r^2 \times h)}$$

$$\mathbf{V = \frac{1}{2}\left(3.14 \times 20 \times 20 \times (30 + 6)\right)}$$

$$\mathbf{V = 22608\ mm^3}$$

حجم (3) = حجم الجزء بين نصف الأسطوانة والقاعدة التى على شكل متوازى مستطيلات

40 x 20 x (30 + 6) = 800 x 36 = 28800 mm^3

∴ حجم الكرسي مصمت (بدون فراغات)

= 28800 + 22608 + 61056 = 112464 mm^3

حجم الفراغ (4) = ثقب اسطواني

$$\mathbf{V = \pi \times r^2 \times h}$$

$$\mathbf{V = 3.14 \times \left((10 - 3) \times (10 - 3)\right) \times (30 + 6)}$$

$$\mathbf{V = 5539\ mm^3}$$

الحجم الصافى للكرسى

$$V = 112464 - 5539 = 106925\ mm^3$$

حجم الكرسى بعد إضافة زيادات عمليات التشغيل والأكسدة

$$V = 0.15 \times 106925 = 16039\ mm^3 = 16\ cm^3$$

تذكر لتحويل mm^3 إلى cm^3 نقسم على 1000

وزن الخام اللازم للكرسي = الحجم × الكثافة

W = 16 x 7.8 = 124.8 g

W = 0.124 kg

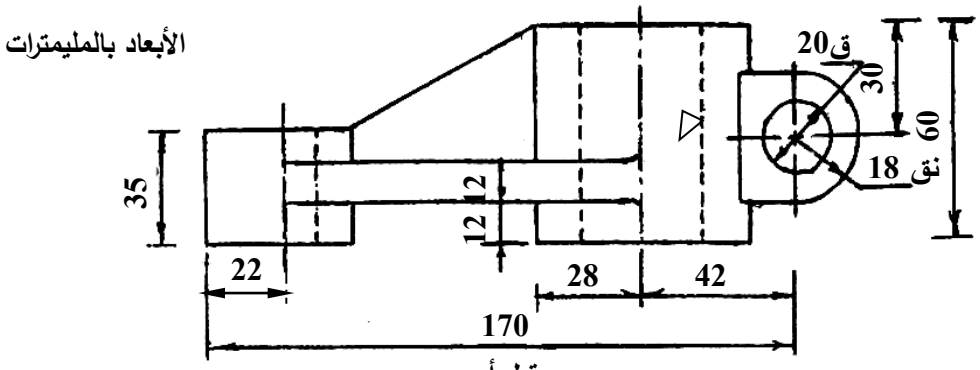
ثمن الخام = وزن الخام بالكيلو غرام × ثمن الكيلو غرام

0.124 kg x 3000 = 372 دينار عراقي

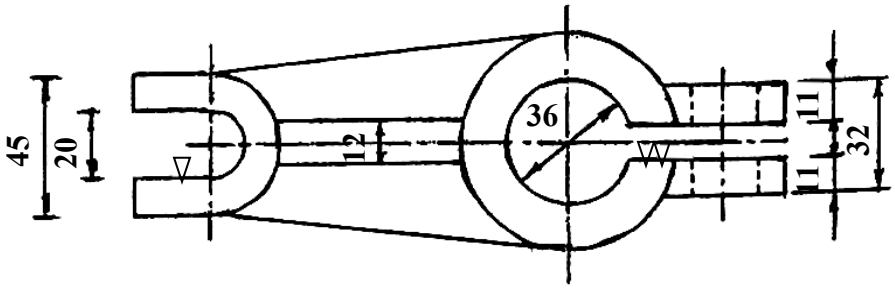
مقايسة (4)

الشكل المبين أدناه يوضح المسقطين الرأسي والأفقي لرافعة مصنوعة من حديد الزهر. القطعة الواحدة تزن 1.8kg. أحسب المقايسة التفصيلية لسبك 5000 قطعة منها إذا علمت أن سعر الكيلو غرام من الحديد الزهر2000 دينار عراقي. علما ان :

1. **المجموعة الواحدة تحتاج الى مصب ذي 4 فروع، أربع مصاعد تزن 6 kg.**
2. **القطع المرفوضة20% من العدد الكلى.**
3. **فقد المعدن أثناء الصهر2% من وزن المعدن المُنصهر (الشحنة).**



مسقط رأسى



مسقط أفقى

4. المصبات والمصاعد والفروع75% من وزنها.

5. أضف4% من وزن الشغلة نظير زيادة التشغيل الآلي.

∴ العدد المطلوب سباكته إجمالياً = العدد الفعلي + عدد القطع المرفوضة.

5000 + 5000 x 20% = 5000 + 1000 = 6000 قطعة

حل المقايسة:

وزن 6000 قطعة

6000 x 1.8 = 10800 kg

وحيثُ إنه يُضاف4% من وزن الشغلة نظير التشغيل .

∴ وزن 6000 قطعه بعد الإضافة لزيادات التشغيل

وزن زيادات التشغيل 10800 x 0.04 = 432 kg

10800 + 432 = 11232 kg

حيثُ تسبك كل 4 قطع بوصفها مجموعة واحدة

∴ عدد مجموعات المقالبة

6000/4 = 1500 مجموعة

والمجموعه الواحدة يلزمها مصب ذو 4 مجاري، 4 مصاعد تزن 6 kg.

∴ وزن المصبات والمصاعد لـ 1500 مجموعة مقالبة

1500 x 6 = 9000 kg

وزن الشحنة الصافي

= وزن 6000 قطعة بعد إضافة زيادة التشغيل + وزن المصبات والمصاعد لـ 1500 مجموعة مقالبة

11232 + 9000 = 20232 kg

حيثُ إن هناك فقد فى الصهر2% من وزن الشحنة

∴ وزن الشحنة بعد إضافة الفقد في الصهر

20232 x 0.02 = 404.64 kg وزن الفقد

20232 + 404.64 = 20636.6 kg

∴ وزن الزهر اللازم للمقايسة

= 20636.6 kg

∴ ثمن الزهر الخام علما (سعر الكيلو غرام الواحد 2000 دينار عراقي)

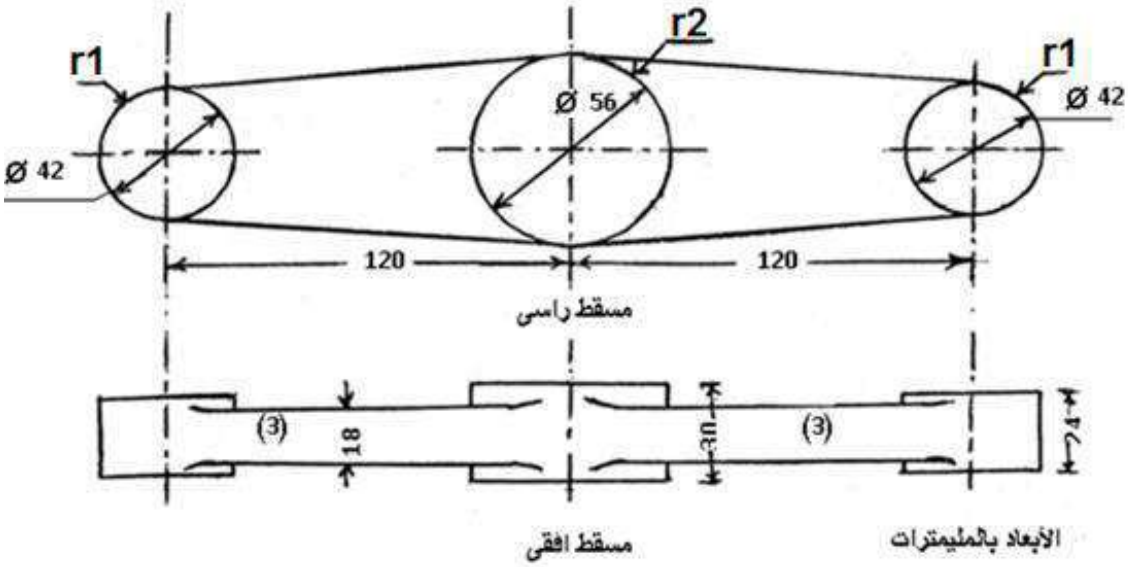
20636.6 kg x 2000 = 41273200 دينار عراقي

مقايسـة (5)

الشكل أدناه يبين رافعة من الفولاذ الذى كثافته ($7.8\ \frac{g}{cm^3}$) وسعر الكيلو غرام (4000 دينار عراقي) والمطلوب حساب الآتي:

1- وزن المعدن اللازم لسباكة الرافعة علماً بأن زيادات التشغيل نظير الصهر وعمليات السباكة والأكسدة تُقدر(15%) من وزن المعدن اللازم لسباكة الرافعة حسب الرسم الموضح.

2- عمل المقايسة لتقدير كلفة المعدن علماً بأن: الأبعاد الموضحة على الرسم هى الأبعاد المطلوبة لسباكة الرافعة وبضمنها الزيادات اللازمة نظير التشغيل الآلى – مع مراعاة إضافة زيادات التشغيل نظير الصهر.



حل المقايسة :

أولاً : وزن المعدن اللازم لسباكة الرافعة

وزن المعدن = حجم الرافعة بما فيها الزيادة × كثافة المعدن المصنوعة منه

حجم الرافعة بدون زيادات = حجم الأسطوانتين (r_1) + حجم الأسطوانة الوسطىَ (r_2) + حجم العصبين (3) الأيمن والأيسر.

1- حجم الأسطوانتين r_1

$$V = 2(\pi r^2 h)$$

$$V = 2(3.14 \times (21 \times 21) \times 24) = 66.528\ cm^3$$

2- حجم الأسطوانة الوسطىَ r_2

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = (3.14 \times (28 \times 28) \times 30) = 73.92\ cm^3$$

3- حجم العصبين (3) الأيمن والأيسر

= 2 { حجم الهرم الناقص - (2/1حجم الأسطوانة الصُغرى r_1 المشتركة مع العصب (ارتفاع18) - (2/1 حجم الأسطوانة الوسطىَ r_2 المشتركة مع العصب (ارتفاع 18)) }.

حجم الهرم الناقص

$$V_3 = \frac{h}{3} . (A1 + A2 + \sqrt{A1 . A2})$$

h= 120 mm A1= 18X42=765 mm^2 A2= 18X56=1008mm^2

$$V_3 = \frac{120}{3} . (765 + 1008 + \sqrt{765 \times 1008})$$

$$= 106.04\ cm^3$$

حجم الأسطوانة الصُغرىَ r_1 (ارتفاع 18)

$$V_1 = \pi r^2\ h$$

$$V_1 = 3.14 \times (21 \times 21) \times 18 = 24.948 cm^3$$

حجم الأسطوانة الوسطىَ r_2(ارتفاع 18)

$$V_2 = \pi r^2\ h$$

$$V_2 = 3.14 \times (28 \times 28) \times 18 = 44.31\ cm^3$$

حجم العصبين (3) الأيمن والأيسر

= 2{ حجم الهرم الناقص - (2/1حجم الأسطوانة الصُغرى r_1 المشتركة مع العصب(ارتفاع18)) - (2/1حجم الأسطوانة الوسطىَ r_2 المشتركة مع العصب(ارتفاع 18)) }.

$$V = 2 \left(V_3 - \left(\frac{V_1}{2}\right) - \left(\frac{V_2}{2}\right) \right)\ cm^3$$

$$= 2 \left(106.04 - \left(\frac{24.948}{2}\right) - \left(\frac{44.31}{2}\right) \right) = 2\ (71.42)$$

$$V = 2\ (71.42) = 142.84\ cm^3$$

حجم الرافعة بدون زياده (الصافى) V_T

حجم الرافعة بدون زيادات = حجم العصبين (3) الأيمن والأيسر+ حجم الأسطوانتين (r_1)+ حجم الأسطوانة الوسطىَ(r_2)

$$V_T = V + 2V_1 + V_2$$

$$V_T = 142.84 + 66.528 + 73.92 = 283.28\ cm^3$$

وزن الرافعة بدون زياده (الصافى) W

الوزن = الحجم × الكثافة

W = 283.28 X 7.8

W = 2209.584 g

W = 2.2 kg وزن الرافعة

∴ وزن الصلب اللازم للمقايسة

= وزن الرافعة + وزن زيادات التشغيل

وزن زيادات التشغيل 2.2 x 0.15 = 0.33 kg

2.2 + 0.33 = 2.53 kg

ثمن المعدن اللازم للسباكة = الوزن × سعر الكيلوغرام

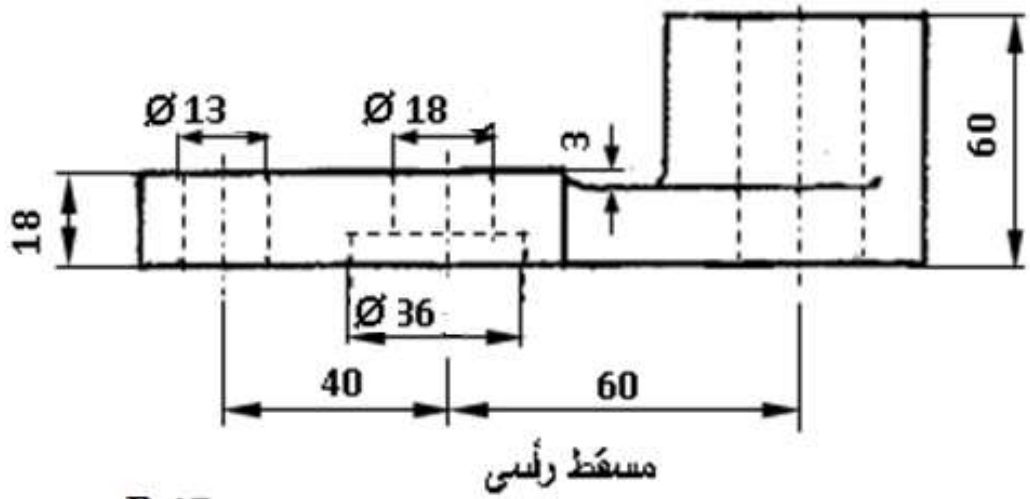
2.53 kg x 4000= 10120 دينار عراقي

أسئلة الفصل السادس

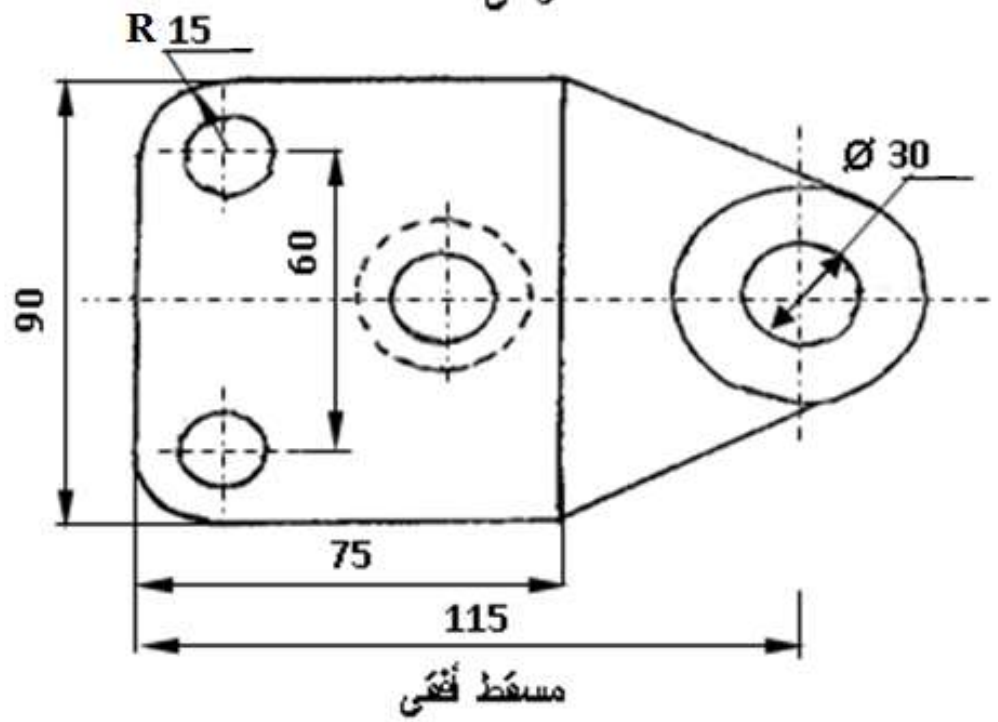
س1: الرسم يوضح المسقطين الرأسى والأفقى لقطعة معدنية من الزهر المسبوك التي تم تشغيلها فى ورشة السباكة – وكثافة الزهر المسبوك ($\frac{g}{cm^3}$ 7.3) – سعر كيلو غرام الزهر (2000 دينار عراقي) والمطلوب حساب :

1- وزن خام الزهر اللازم للقطعه بالكغم.

2- ثمن الخام اللازم لسبك القطعة. (قياسات الشكل بالملمترات)



مسقط رأسى



مسقط أفقى

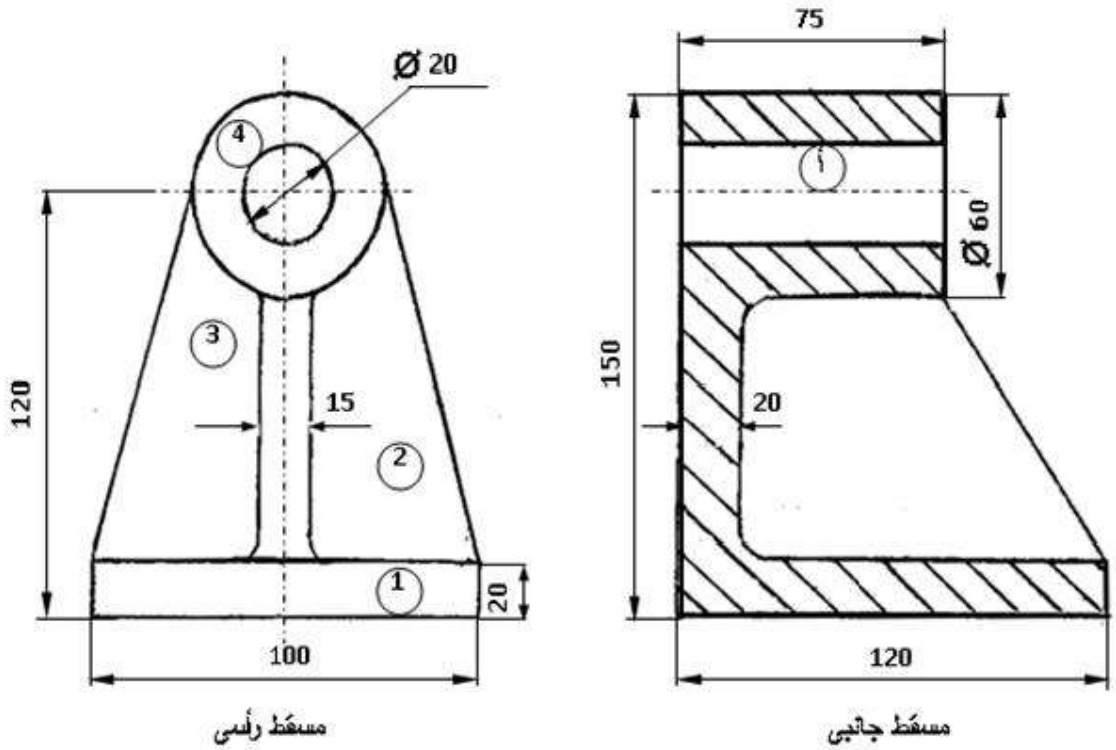
س2 : الرسم يبين مسقطين لحامل محور صنع بالمسبك من الحديد الزهر الذى كثافته (7.3 $\frac{g}{cm^3}$) – وسعر كيلو غرام الزهر 4000 دينار عراقي المطلوب حساب :

1- وزن خام الزهر اللازم لحامل المحور بالكيلو غرام.

2- ثمن الخام اللازم لحامل المحور.

3- الأبعاد بالملليمترات.

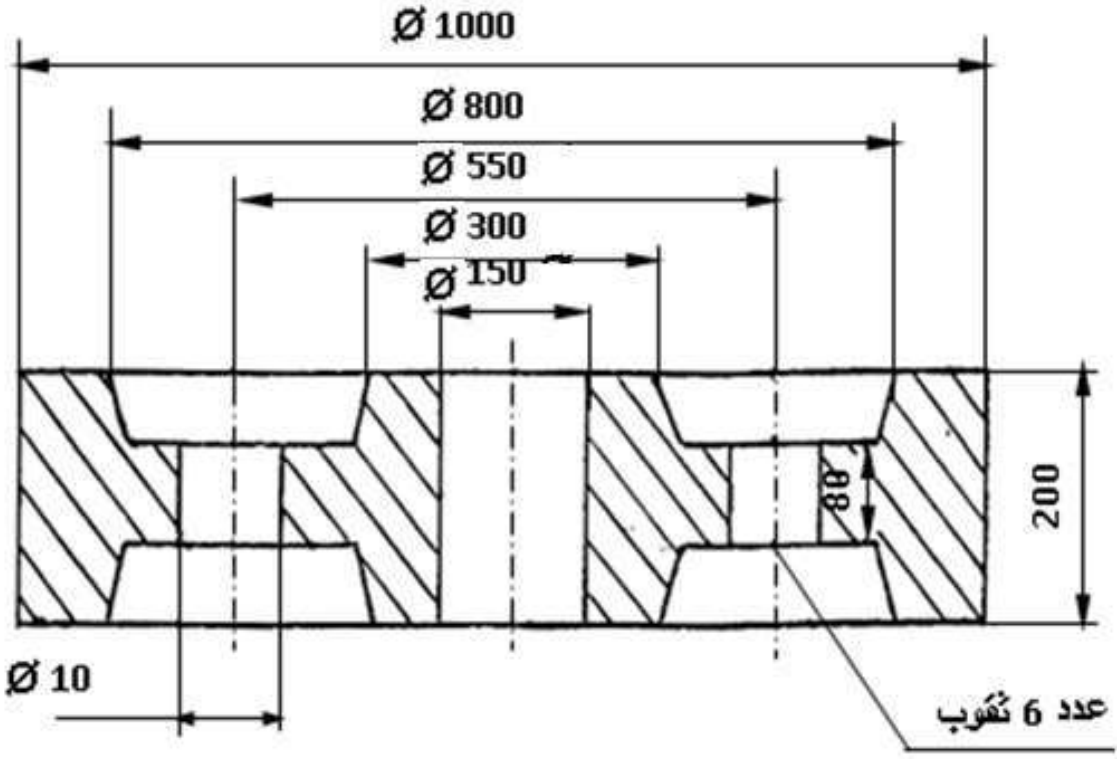
4- نق للأركان 4 mm.



س3: الشكل يوضح اطار مصنوع من الزهر الذى وزنه النوعى 7.4 × 10^{-3} $\frac{kg}{cm^3}$. المطلوب عمل المقايسة التثمينية والتفصيلية لسبك إطارين إذا أعطيت البيانات الآتية :

1- الاطار الواحد يحتاج إلى مصب ومصاعد ومجار تزن حوالى 15 kg والصهر يتم فى فرن القوس الكهربائى سعة 2t /h .

2- زيادات التشغيل% 2 من الوزن – وفقد الصهر% 0.5 من وزن الشحنة.



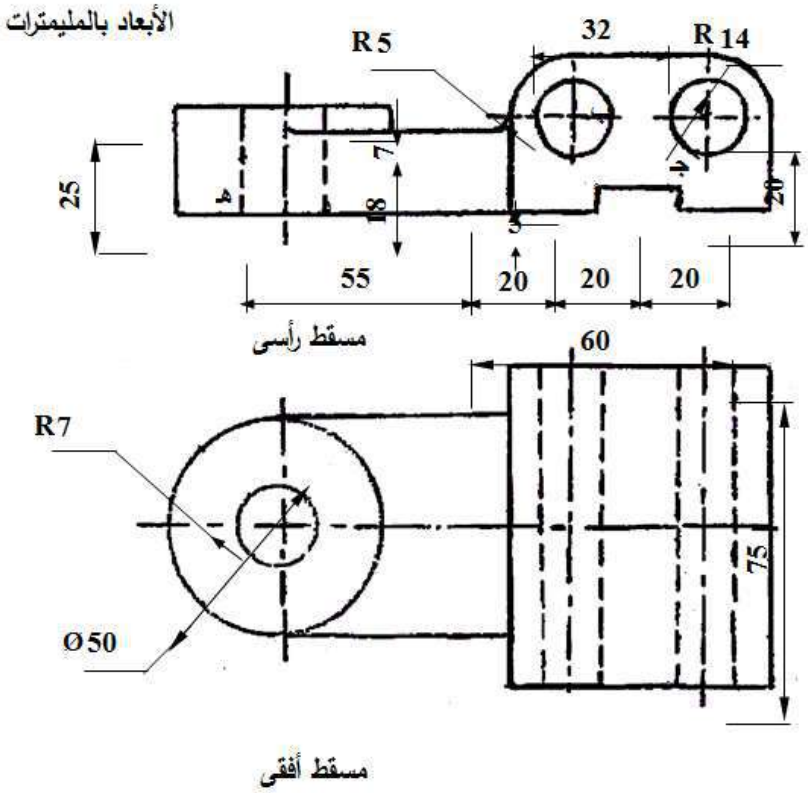
س4 : الشكل يوضح المسقطين الرأسى والأفقى لرافعة مصنوعة من الزهر المسبوك – والمطلوب عمل المقايسة التثمينية بالتفصيل لإيجاد سعر المعدن اللازم إذا طلبَ سبك 48 قطعة إذا علمت الآتي :

1- تُصب الرافعة مصمتة وخالية من الثقوب .

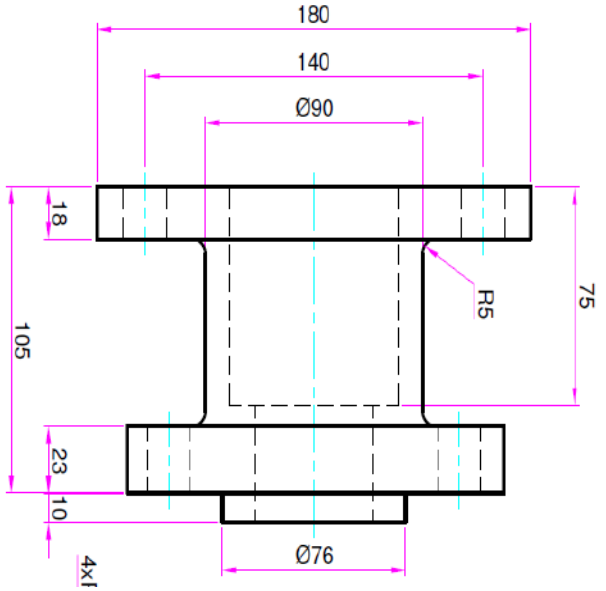
2- يُضاف 5% من وزن الجسم المُصمت نظير عمليات التشغيل التي تجرى فى الورشة .

3- ثمن كغم الزهر الخام 7500 دينار عراقي.

4- كثافة الزهر $\frac{g}{cm^3}$ 7.8



س5 : يقوم مصنع للمسبوكات بسباكة عدد (100) قطعة كالمبينة بالرسم ادناه – الذى يوضح مسقط لقاعدة مصنوعة من الزهر الذى وزنه النوعي $\frac{g}{cm^3}$ 7.2 ، وذلك لحساب إحدى الشركات الصناعية وعند عمل مقايسة تثمينيه وجد حجم القطعة الواحدة ($280cm^3$) أحسب كلفة المعدن أذا علمت أن سعر الكيلوغرام الواحد (2000) دينار عراقي ؟



أهم المعادن المستعملة في الصناعة

رموزها وكثافتها النسبية ودرجة حرارة انصهارها

المعدن او السبيكة	الرمز	الكثافة النسبية g/cm^3	درجة حرارة الانصهار/ ℃
المنيوم	AL	2.7	660
بزموث	Bi	9.8	271.3
كروم	Cr	7.1	1890
كوبلت	Co	8.9	1490
نحاس	Cu	8.9	1083
ذهب	Au	19.3	1063
حديد	Fe	7.9	1530
رصاص	Pb	11.3	327
نيكل	Ni	8.9	1458
بلاتين	Pt	21.4	1773
فضة	Ag	10.5	960
قصدير	Sn	7.3	232
تيتانيوم	Ti	4.5	1725
تنجيستن	W	19.1	3370 - 3410
خارصين	Zn	7.1	419.5
ماغنيسيوم	Mg	1.7	650
براص	Brass	8.9	820 - 900

المصادر

1 – مصطفى كمال (فيزياء المعادن وتكنولوجيا السبائك المعدنية) ، ايتراك للنشر والتوزيع / جمهورية مصر العربية ، 2001

2- أ. ماليشيف ، ج.نيكولاييف ، ي.شوفالوف (تكنولوجيا المعادن) ترجمة الدكتور أنور الطويل ، دار ((مير)) للطباعة والنشر ، موسكو 1973 .

3- الدكتور أبراهيم محمود منصور ، نوال عزت عبداللطيف ((استخلاص المعادن اللاحديدية)) الجامعة التكنلوجية ، مطبعة دار الحكمة 1990 .

4- د. أحمد زكي حلمي (سباكة المعادن) الناشر الدار المصرية للعلوم - القاهرة ، مصر2000.

5- John R. Brown (Foseco Ferrous Foundryman's Hand book) Foseco International Ltd , 2000 , Replika Press Pvt Ltd .

6- R.S. KHURMI, J.K. GUPTA (a text book of workshop TECHNOLOGY) Volume 1 manufacturing Processes, Third Edition 1987.

7- R.E. Smallman (modern physical metallurgy) Butterworth & Co (Publishers) Ltd , 2003

8- Moore, J.J. (Chemical Metallurgy) Butterworth & Co (Publishers) Ltd, 2004.

9- Casting Design Guide, Edited by Dr. Jerry Thiel , University of Northern lowa , USA,2000.

10 – Stephen D . Chastain (A Sand Casting Manual for the Small Foundry) , Vol . II , Copyright 2004 , USA .

11 – John Campbell , (Complete Casting Handbook , Metal Casting Processes , Metallurgy , Techniques and Design) , University of Birmingham , 2005 , USA .

والله الموفق